

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR**



**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**MAESTRÍA EN REDES DE COMUNICACIONES**

TRABAJO PREVIO A LA OBTENCION DEL TÍTULO DE:

**MAGISTER EN REDES DE COMUNICACIÓN**

**TEMA:**

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE ADQUISICIÓN Y REGISTRO DE DATOS DE TELEMETRÍA PARA EL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN SECADOR SOLAR MULTIUSO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO”**

**AUTOR**

ANIBAL LLANGA VARGAS

**DIRECTOR**

Gustavo Chafra Ph.D

Quito – 2014

## **Agradecimiento**

A Dios, a la Pontifica Universidad Católica del Ecuador (PUCE) por los conocimientos aprendidos en el programa de maestría, al Dr. Gustavo Chafla PhD por la dirección y apoyo absoluto para la realización del presente proyecto, al Msc. Germán Arévalo y Msc. Francisco Chafla por su colaboración en la revisión del presente documento, a todos los miembros del equipo de Investigación del “Proyecto de Investigación Secador Solar Multiuso bajo condiciones físicas y meteorológicas de la ciudad de Riobamba” por la apertura y colaboración técnica, a su Director Dr. Arquímedes Haro por la oportunidad de investigar, al Instituto de Ciencia, Innovación, Tecnológica y Saberes (ICITS) de la Universidad Nacional de Chimborazo (UNACH) por la asignación de horas de investigación y financiamiento del proyecto, al Laboratorio de Ingeniería Industrial y al Laboratorio de Electrónica y Telecomunicaciones de la UNACH por el apoyo, asesoramiento técnico y préstamo de equipos, y a toda mi familia y amigos por el apoyo anímico.

## **Dedicatoria**

A Anahí y Rafa mis hijos, por su amor, por enseñarme el mundo de su imaginación, creatividad y sueños, a Fátima mi esposa por el amor, apoyo y comprensión en las largas horas de desvelo, a mis padres por enseñarme a soñar en un mundo mejor basado en la ciencia y humanidad, donde todos aportamos con un granito de arena por días mejores.

## CONTENIDO DEL TRABAJO

Agradecimiento .....	a
Dedicatoria .....	a
Resumen .....	i
Abstract .....	i
INTRODUCCIÓN .....	ii
JUSTIFICACIÓN .....	iv
ANTECEDENTES .....	v
OBJETIVO GENERAL .....	vii
OBEJETIVOS ESPECÍFICOS .....	vii
CAPÍTULO I .....	1
CAPÍTULO 1: MARCO TEÓRICO .....	1
1.1    Antecedentes (análisis comparativo) .....	1
1.2    Secador Solar Multiuso .....	1
1.2.1    Colector .....	1
1.2.2    Cámara de secado .....	1
1.2.3    Chimenea .....	2
1.3    Sensores y Transductores .....	2
1.3.1    Humedad Relativa .....	3
1.3.2    Temperatura .....	3
1.3.3    Termopares .....	3
1.3.4    Célula de carga .....	4
1.3.5    Sensor de Velocidad del Viento .....	4
1.4    Interfaz Hombre Máquina .....	5
1.4.1    Programación en LabView .....	5
1.4.2    Compact Field Point .....	10
1.4.3    Módulos de Conexión .....	12
1.5    Red de Comunicaciones .....	15
1.5.1    Modelo TCP/IP .....	16
1.5.2    Ethernet .....	17
1.5.3    Enlaces de Microondas Terrestres .....	19
CAPÍTULO II .....	21
CAPÍTULO 2: METODOLOGÍA .....	21

2.1	Diseño del sistema de monitoreo .....	21
2.2	Acondicionamiento de Sensores en el Secador Solar Multiuso .....	22
2.2.1	Sensor de temperatura y humedad relativa .....	23
2.2.2	Temperatura del producto.....	24
2.2.3	Peso.....	25
2.2.4	Anemómetro .....	26
2.3	Diseño de Sistema de Adquisición y Registro de Datos .....	26
2.3.1	Adquisición de datos .....	27
2.3.2	Muestreo .....	28
2.3.3	Almacenamiento de datos .....	28
2.4	Diseño de Sistema de Análisis estadístico de datos.....	30
2.5	Diseño de Interfaz Hombre Máquina para monitoreo y análisis de resultados .	31
2.5.1	HMI para monitoreo.....	31
2.5.2	HMI para análisis estadístico de resultados .....	32
2.6	Diseño de la red de comunicación y monitoreo.....	34
2.6.1	Condiciones Iniciales .....	34
2.6.2	Red de área Local .....	35
2.6.3	Radio enlace de datos .....	36
2.7	Transmisión vía Radio Enlace de microondas. ....	42
2.7.1	Cobertura Visual .....	42
2.7.2	Simulación Enlace de Microondas .....	43
2.7.3	Perfiles topográficos y Zonas de Fresnel .....	46
2.7.4	Resultados Enlace de Microondas .....	48
CAPITULO III.....		49
CAPÍTULO 3: CONSTRUCCIÓN SISTEMA PROTOTIPO .....		49
3.1	Construcción.....	49
3.2	Instalación de sensores en hardware de acondicionamiento de sensores .....	49
3.3	Configuración de Compact Field Point .....	52
3.3.1	Configuración Interfaz Ethernet.....	52
3.3.2	Configuración de módulos de Conexión.....	52
3.4	Red de Comunicación Secador Solar Multiuso.....	55
3.5	Programación de registro de datos en LabView .....	56
3.6	Programación de análisis estadístico de datos en LabView .....	59

3.6.1	Acceder a datos .....	59
3.6.2	Extraer los datos en determinadas fechas y horas. ....	59
3.6.3	Agrupar o no Datos .....	61
3.6.4	Extraer datos de parámetros .....	61
3.6.5	Cálculos estadísticos.....	62
3.6.6	Visualizar resultados .....	63
3.7	Implementación de Interfaz Hombre Máquina.....	63
3.7.1	Interfaz de usuario en programa de monitoreo.....	63
3.7.2	Interfaz de usuario en programa de procesamiento de datos. ....	68
3.8	Pruebas de funcionamiento del sistema. ....	74
3.8.1	Prueba de sensores con sistema de adquisición de datos.....	74
3.8.2	Pruebas de red de comunicación de datos.....	76
3.8.3	Pruebas de programa de procesamiento estadístico de datos .....	79
3.9	Costo del proyecto .....	80
CAPÍTULO IV .....		82
4.1	Conclusiones.....	82
4.2	Trabajos Futuros.....	84
CONTENIDO BIBLIOGRÁFICO: .....		i
Bibliografía .....		i
ANEXOS.....		a
Anexo 1.....		a
Sensor de temperatura .....		a
Anemómetro .....		b
Sensores Temperatura y Humedad Relativa .....		d
Célula de Carga .....		h
Equipos de Microondas.....		i
Antenas.....		o
Anexo 2 .....		p
Factura de Sensores .....		p
Certificado de Calibración Sensores .....		q
Certificado de Funcionamiento del sistema .....		r
Anexo 3 .....		s
Fotografías de Pruebas de Funcionamiento del sistema .....		s

<b>Anexo 4 .....</b>	<b>u</b>
<b>Datos archivo “Experimento 4 - PSS” .....</b>	<b>u</b>

## Resumen

El presente trabajo consiste en diseñar y construir un sistema de adquisición y registro de datos de telemetría para el proyecto de investigación “Secador solar multiuso” de la Universidad Nacional de Chimborazo (UNACH). El sistema está integrado por un programa de adquisición y registro de datos de sensores de temperatura, humedad, celdas de carga y anemómetros, en rangos de medición y sensibilidad determinados por la investigación para condiciones ambientales de la ciudad de Riobamba. El programa de análisis estadístico de datos de los sensores, proporciona al investigador una herramienta rápida y fiable para la clasificación y análisis de resultados, debido a que está diseñada en función de las características y requerimientos del secador solar multiuso de la UNACH. La red de comunicaciones implementada proporciona al sistema la capacidad de ubicar al prototipo en parroquias de la ciudad de Riobamba, específicamente en zonas agrícolas, sin que la central de monitoreo y el equipo de investigación salgan de las instalaciones de la UNACH.

**Palabras clave:** Secador solar, telemetría, monitoreo, Riobamba.

## Abstract

The present work consist in designing and building a system for acquiring and recording telemetry data for the research project “ Multi Solar Dryer” from the National University of Chimborazo (UNACH). This system consists of an acquisition program and data logging of temperature sensors, humidity, load cells and anemometers, in sensitivity and measurement ranges determined by research to environmental conditions of the city of Riobamba. The program for statistical analysis of sensor data, provides the researcher a fast and reliable tool for classification and analysis of results, since it is designed according to the characteristics and requirements of multipurpose solar dryer of the UNACH. The implemented network communications system provides the ability to place the prototype in parishes in the city of Riobamba, specifically in agricultural areas, without having the central station and the research team leaving the ground floor of the UNACH.

**KeyWords:** Solar Drier, Telemetry, Monitor, Riobamba.

## INTRODUCCIÓN

El sistema de adquisición y procesamiento estadístico de datos del Proyecto de investigación “Diseño de un secador solar multiuso bajo condiciones físicas y meteorológicas de la ciudad de Riobamba” de la Universidad Nacional de Chimborazo, está diseñado en función de las necesidades de investigar parámetros de temperaturas, humedad, peso del producto y velocidad del viento al interior del equipo.

La recolección de datos al interior del Secador Solar Multiuso, servirá para realizar el modelo matemático del equipo, bajo condiciones físicas y meteorológicas de la ciudad de Riobamba, principal objetivo de la investigación del Proyecto de la UNACH. En el presente trabajo se analiza el componente electrónico que adquiere las señales provenientes de los sensores, y el componente de software que se divide en dos, uno encargado adquirir, registrar y guardar los datos; y el segundo en realizar un análisis estadístico preliminar de los datos censados, proporcionando al investigador una herramienta para la clasificación de datos, que posteriormente con software comercial especializado, podrá inferir en resultados. El sistema de telecomunicaciones instalado en el equipo proporciona portabilidad al secador solar multiuso, para realizar investigaciones de campo en sectores aledaños a la ciudad de Riobamba, con el fin de que la central de monitoreo y registro de datos no salga de las instalaciones de la universidad.

Los sensores son ubicados en puntos estratégicos del secador solar. Se instalan en el “Secador Solar Multiuso” sensores de temperatura, humedad y velocidad del viento en el colector y en la cámara de secado; además se agregan dos balanzas, uno en cada bandeja de secado, que registrarán en función del tiempo, el peso de los vegetales o frutas a secar. Con el fin de medir la circulación del aire al interior del secador solar se agrega un anemómetro en la chimenea, por donde evacua el aire caliente y húmedo de la cámara de secado. Y por último, para cotejar estas mediciones se instala sensores de humedad y temperatura fuera del secador solar para registrar las condiciones climáticas del ambiente alrededor del equipo.



Tras pruebas de laboratorio del sistema instalado, se obtuvieron datos que son comparados con equipos de laboratorio certificados, proporcionando resultados totalmente fiables para el estudio por parte de los profesionales investigadores del secador solar multiuso de la UNACH. Las pruebas de hardware y de software satisfacen los requerimientos propuestos al inicio de la investigación. El Software implementado proporciona una interfaz hombre máquina fácil de manejar y configurar para todos los miembros del equipo de investigación.

La implementación del sistema de adquisición y análisis estadístico del secador solar multiuso proporciona ventajas frente a estaciones meteorológicas comerciales, debido a que su implementación se basa en condiciones propias de la infraestructura del equipo, rangos de medición y sensibilidad de los sensores, adecuados para condiciones ambientales de la ciudad de Riobamba. Así también el software de análisis estadístico presenta ventajas frente a equipos comerciales, al dar resultados preliminares específicos, permitiendo al investigador reducir tiempos al momento de clasificar datos relevantes. El sistema de telecomunicaciones instalado, facilita que las investigaciones de campo se realicen en tiempo real, y sin que el equipo de investigación se movilice al sitio.

## **JUSTIFICACIÓN**

El secador solar multiuso de la Universidad Nacional de Chimborazo, es un proyecto de investigación que tiene como fin secar diferentes tipos de plantas y frutas en su interior, como por ejemplo, plantas aromáticas o medicinales como la manzanilla, orégano, entre otras. El secador solar multiuso es un dispositivo pasivo, que está enfocado a servir a micro productores en sus lugares de siembra de la ciudad de Riobamba, que al momento no tiene procesos eficaces de producción, por lo que sus utilidades son bajas.

En la actualidad esta investigación se encuentra en ejecución, el prototipo en lo que respecta a su infraestructura física está operativa; en este momento es necesario la recolección autónoma de datos de temperatura, humedad, peso del producto, entre otras, para su posterior análisis y procesamiento, con el fin de modelar el prototipo final. Por la naturaleza y la forma del prototipo, no existe en el mercado un sistema de adquisición de datos que se ajuste a las necesidades, dimensiones y características del sistema, en virtud de que son varios los lugares dentro del prototipo que son de vital importancia medir y registrar los datos de telemetría.

El proyecto consiste en diseñar y construir un sistema de adquisición, registro y procesamiento de datos que mejor se ajuste a las condiciones requeridas por el prototipo, dotado de sensores y sistema de adquisición de datos de temperatura, humedad y peso del producto con la precisión y sensibilidad acorde a las exigencias del proyecto. Para investigaciones en sectores aledaños de la ciudad de Riobamba se trabajará en una red de comunicación para transportar la información hasta el centro de monitoreo que será ubicado en las oficinas de investigación del secador solar multiuso, al interior de la UNACH. Así también proporcionar una interfaz hombre máquina que ayude al monitoreo y posterior análisis de los datos, es decir proporcionar al investigador una herramienta de análisis estadístico eficaz y eficiente de datos meteorológicos registrados por el sistema.

## **ANTECEDENTES**

Existen varios métodos de secado de materias vegetales con el fin de reducir daños en las mismas ocasionadas por moho y otros microbios, entre estos métodos de secado están al aire libre, por exposición al sol, en hornos, salas de secado, secadores solares y mediante fuego indirecto [1]. Existen varios diseños de secadores solares, su método de secado teniendo como única fuente de energía el sol obteniendo un rendimiento energético y ahorro económico además de que sean multiuso; su objetivo es mantener la temperatura en menos de 50 grados centígrados en el interior de la cámara de secado, para conservar las propiedades de los vegetales, que en este caso específico es de las plantas medicinales y frutos [2]. Es necesario en el diseño del secador solar la instrumentación electrónica de magnitudes físicas relacionadas con el secado de materiales vegetales; estas son la temperatura, humedad, velocidad del viento y peso de los vegetales [3]. En la actualidad existen un sin número de sensores que se han desarrollado con fines industriales, con precisión y sensibilidad que se adaptan a los requerimientos del usuario como lo oferta por ejemplo ESODRIVE [4]. Así también existen equipos con certificados de calibración expedidos por la NIST, con entradas analógicas para la medición de voltaje y amperaje de una gran variedad de sensores y transductores como es el caso del cFP-AI-1XX de la National Instruments [5]. Existen varios equipos destinados para el control automatizado programables como es el caso del Compact FieldPoint [5] que ofrece la flexibilidad y facilidad de uso de una PC para integrar la inteligencia y control avanzado para el registro de datos; para la comunicación con la PC ofrece varias alternativas como son a través RS-232 y comunicación nativa Ethernet y Web [6]. En lo referente al registro y análisis de datos recolectados existen varios paquetes informáticos como MatLab, SPSS, etc., pero actualmente existe uno que integra tanto Hardware como Software como es LabView [7], perteneciente a misma National Instruments, mencionada anteriormente. LabView ofrece un laboratorio de Instrumentación Virtual, cuya programación está orientada a objetos o programación gráfica, destinado a monitoreo o control, simulado o real y embebido, el programa

fue creado en 1976 y al momento está disponible la versión 2013. LabView permite así también la creación de interfaces hombre máquina flexible y asimilable por los operadores. Para el análisis y procesamiento de datos registrados por el sistema LabView cuenta con ToolKit de Estadísticas [8], que permiten el cálculo estadístico con relativa facilidad en cuanto a la programación.

En lo referente a trabajos realizados de este tipo está la tesis doctoral “Modelado y Construcción de un secadero solar Híbrido para residuos Biomásicos” [9] realizada en España, “Diseño y Construcción de un Secador Solar para Secado de Setas” [10] estas investigaciones son desarrolladas y orientadas a condiciones climatológicas propias del lugar. Así también existe otra investigación en el Ecuador realizada en la Universidad técnica Equinocial con título “Diseño y construcción de un secador para maderas con energía solar” [11]. Cabe recalcar que ninguna de las anteriores investigaciones propuso un sistema autónomo de recolección, registro y procesamiento de datos, sino más bien estuvo orientado a una recolección manual de temperaturas y humedad, sin tomar en cuenta las variables de flujo de aire por la cámara de secado y peso del producto.

## **OBJETIVO GENERAL**

Diseñar y construir un sistema de adquisición y registro de datos de telemetría para el proyecto de investigación “Secador Solar Multiuso” de la Universidad Nacional de Chimborazo.

## **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

1. Analizar el estado del arte respecto a la telemetría, hardware de adquisición de datos y variables de instrumentación que mejor se ajusten para la consecución del proyecto.
2. Diseñar, construir y probar el sistema de adquisición y registro de datos de telemetría del proyecto.
3. Diseñar un enlace de datos e interfaz hombre máquina para el monitoreo remoto y análisis de datos de telemetría registrados por el sistema.

Diseño y construcción de un sistema de adquisición y registro de datos de telemetría para el proyecto de investigación secador solar multiuso de la Universidad Nacional de Chimborazo.

Aníbal Llanga Vargas, Riobamba – Ecuador, allangav80@gmail.com, 0998141889

## **CAPÍTULO I**

### **CAPÍTULO 1: MARCO TEÓRICO**

#### **1.1 Antecedentes (análisis comparativo).**

#### **1.2 Secador Solar Multiuso**

El secador solar es un dispositivo pasivo, capaz de a su interior concentrar calor con el fin de secar vegetales, frutas o plantas con fines de consumo humano. Está configurado de forma que tanto la humedad, temperatura como circulación del viento a su interior sea lo suficiente para que los insumos colocados a su interior se sequen sin dañarse, es decir sean aptos para el consumo humano. El secador solar está constituido por 3 partes principales que son el colector, la cámara de secado y la chimenea, mismas que se detallan a continuación.

##### **1.2.1 Colector**

Es un panel cuya función principal es recoger los rayos solares y consternarlos en su interior. Básicamente es donde se calienta el aire, para posteriormente transportar hacia la cámara de secado. El colector debe estar orientado de tal forma que los rayos solares ingresen directamente y reboten o se concentren en su interior. Es indispensable conocer en qué horas del día el sol genera más energía para que el panel solar este orientado correctamente, y esto depende directamente de la zona geográfica en donde esté ubicado el secador solar.

##### **1.2.2 Cámara de secado**

Es el lugar donde se ubican los vegetales para su posterior secado, teniendo en cuenta que el secado se lo realiza por la circulación del aire caliente que ingresa a esta cámara proviene del colector. El secado de los insumos depende de la temperatura del aire que circula a su interior, así como de la humedad producto de la deshidratación de los vegetales y reflejados

en la pérdida de peso; la humedad poco a poco se va concentrando debido al secado de los vegetales. El fallo de uno de estos parámetros tendrá como consecuencias que los vegetales se dañen, es decir lleguen a pudrirse, y consecuente se produzcan pérdidas económicas. Los vegetales están ubicadas en dos bandejas agujereadas, de tal forma que permitan la ventilar los vegetales.

### **1.2.3 Chimenea**

Es la encargada de la circulación del aire que se produce en primera instancia en el colector que como se menciona calienta el aire. El aire caliente es transferido por convección a la cámara de secado. Esta convección es producida por la chimenea, cuya función es generar una diferencia de temperatura para que se dé la convección. La chimenea está ubicada de forma vertical para facilitar la evacuación del gas caliente que en este caso es el aire caliente.

## **1.3 Sensores y Transductores**

Sensor es aquel dispositivo capaz de convertir un tipo de energía en otra. Estos se encargan en detectar magnitudes físicas o químicas es decir las variables de instrumentación, y manifestarlas en señales eléctricas.

La diferencia entre un transductor y un sensor radica en que un sensor no agrega ni quita energía a la magnitud censada, mientras que un transductor sí, porque transforma un tipo de energía en otro tipo de energía utilizando o aprovechando la energía de la fuente medida. Existen varios tipos de sensores entre los que destacan los de temperatura, humedad, presión, movimiento, etc; y que como magnitudes eléctricas detectan la resistencia, capacitancia, tensión, corriente, etc.

### 1.3.1 Humedad Relativa

Existen varios sensores de humedad que buscan características del ambiente. Entre estos se encuentran los sensores de humedad absoluta, específica y relativa.

La humedad absoluta es una medida porcentual entre la presión parcial de vapor ( $P_v$ ) en referencia a la presión del vapor saturado ( $P_{sat}$ ).  $P_v$  es la presión en el ambiente producida por el vapor de agua en el aire.  $P_{sat}$  es la medida de una gas sometida a un máximo de temperatura y presión atmosférica, desde la cual el vapor se condensa.

$$H_r = \frac{P_v}{P_{sat}}; \quad \text{Ecuación 1}$$

### 1.3.2 Temperatura

Los sensores de temperatura son aquellos que producto de estar en contacto la temperatura de la fuente a medir con el sensor, provocan cambios sea contrayendo o expandiendo gases, sólidos o líquidos, que estimulan cambios en las resistencias eléctricas de conductores y semiconductores. Entre los tipos de sensores de temperatura están las tiras bimetálicas, detector de temperatura por resistencia, termistores, termodiodos, termotransistores, y termo pares [12].

### 1.3.3 Termopares

REF.	MATERIALES	INTERVALO EN °C	μV/°C
B	Rodio/platino, platino 30%, rodio 6%	0 a 180	3
E	Cromel/constantán	-200 a 1000	63
J	Hierro/constantán	-200 a 900	53
K	Cromel/alumel	-200 a 1300	41
N	Nirosil/nisil	-200 a 1300	28
R	Platino/platino al 13% rodio	0 a 1400	6
S	Platino/platino al 10% rodio	0 a 1400	6
T	Cobre/constantán	-200 a 400	43

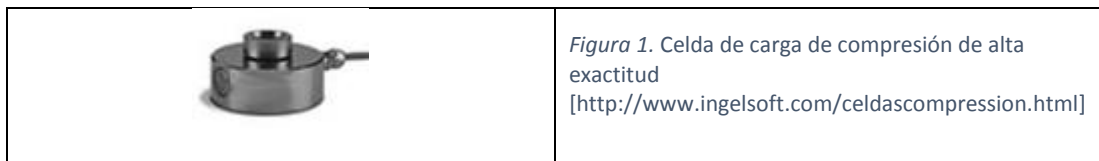
Tabla 1, Termopares



Es un sensor de temperatura, que consiste en la unión de dos metales de diferentes características; la unión de estos dos metales genera una diferencia de potencial entre sus extremos, producto de una diferencia de temperatura entre los dos metales [12].

#### 1.3.4 Célula de carga

La célula de carga es un transductor; consiste en una galga extensiométrica que se deforma a medida que la fuerza de la fuente a medir interviene sobre ella de forma mecánica. Esta deformación se ve reflejada en una diferencia de potencial en los terminales de la galga extensiométrica; por lo general, la salida está en el orden de mili voltios y es necesario una etapa de amplificación antes de ser utilizada. Las células de carga son utilizadas comúnmente en básculas y balanza.



#### 1.3.5 Sensor de Velocidad del Viento

Conocido como anemómetro, mide el flujo o corrientes de aire que en función a su construcción puede ser de cazoleta o de molinete y de hilo construido de platino o níquel. El primero mide el flujo de aire en función al número de vueltas que da el eje en que se encuentra sujeto las cazoletas. En el segundo tipo de anemómetro (*Figura 2*), el hilo es calentado y sobre él actúa el aire; dependiendo de cuánto se enfría el hilo, varía su resistividad eléctrica y por ende la corriente que lo atraviesa.



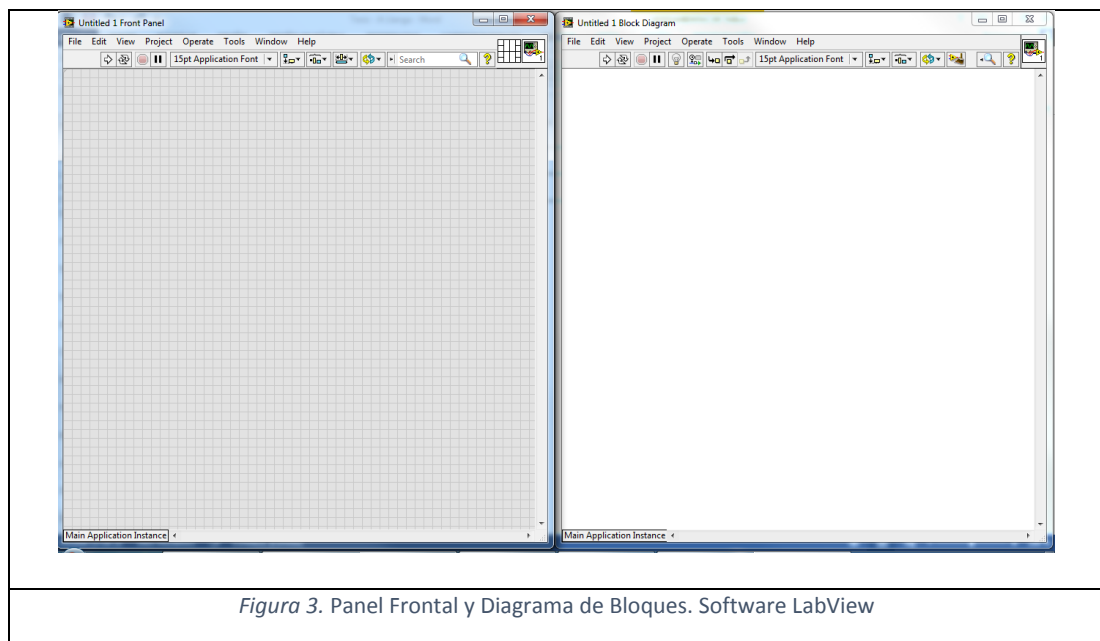
## 1.4 Interfaz Hombre Máquina

Interfaz hombre máquina o HMI por sus siglas en inglés (interface Machine Human). Consiste en un entorno de software en el cual el operador interactúa con el proceso [13]. Se debe tener en cuenta que como tal la HMI no realiza el control del proceso o adquiere datos de instrumentación, más bien muestra los resultados del proceso; los datos censados a su vez son guardados en una base de datos que es donde la HMI busca los datos para visualizarlos al operador o usuario. En la actualidad los sistemas han llegado a converger en un solo paquete informático como es el caso del Software Labview de la National Instruments, quienes han desarrollado además de software, hardware para la adquisición de datos, mismo que es compatible con LabView para su análisis, así como para su presentación, es decir una HMI. La integración de estos tres procesos que son adquisición, análisis y presentación ha hecho que la National Instruments se consolide a nivel mundial.

### 1.4.1 Programación en LabView

LabView (Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench) es software de la National Instruments. Su programación es Gráfica y consiste en ir uniendo bloques preestablecido por el programa (o a su vez crear programas que pueden ser utilizados como bloques en otros programas). La extensión del software es \*.vi que significa instrumentación Virtual (por sus

siglas en ingles Virtual Instrument). El software se presenta en dos paneles (Figura 3), el uno es un diagrama de bloques, que es básicamente el lugar donde se realiza la lógica de programación, y el Panel Frontal que es donde se ilustra los datos analizados o procesados en diagrama de bloques. El Panel Frontal puede a su vez ser totalmente personalizado dependiendo de los fines de la aplicación.



#### 1.4.1.1 Tipo de datos

LabView proporciona tres tipos de datos que maneja internamente el software; estos son datos numéricos, booleanos y de caracteres, mismo que pueden ser utilizados en arreglos o clusters.

#### 1.4.1.2 Paleta de controles

La paleta de controles (*Figura 4*) está presente en el panel frontal, y despliega todas las herramientas para construir la interfaz de usuario. Entre las herramientas la más utilizada es la Modern, desde la cual se pueden insertar tanto controles como indicadores de los tres

tipos de datos; así también se encuentra la casilla de los Containers con los que se puede desarrollar ventanas de visualización, como las de Windows.

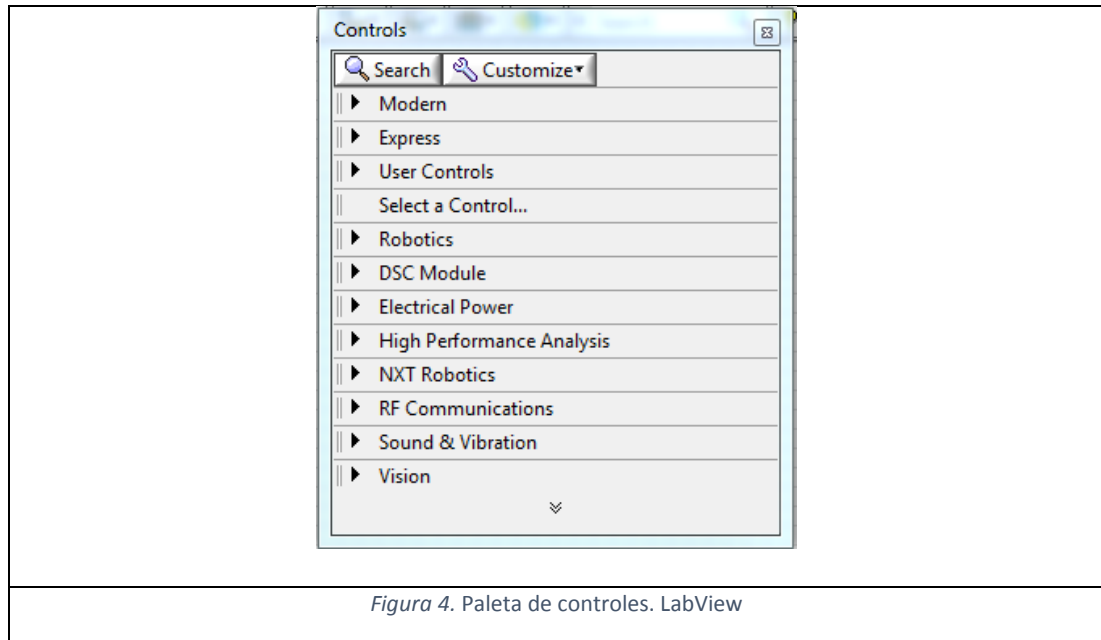
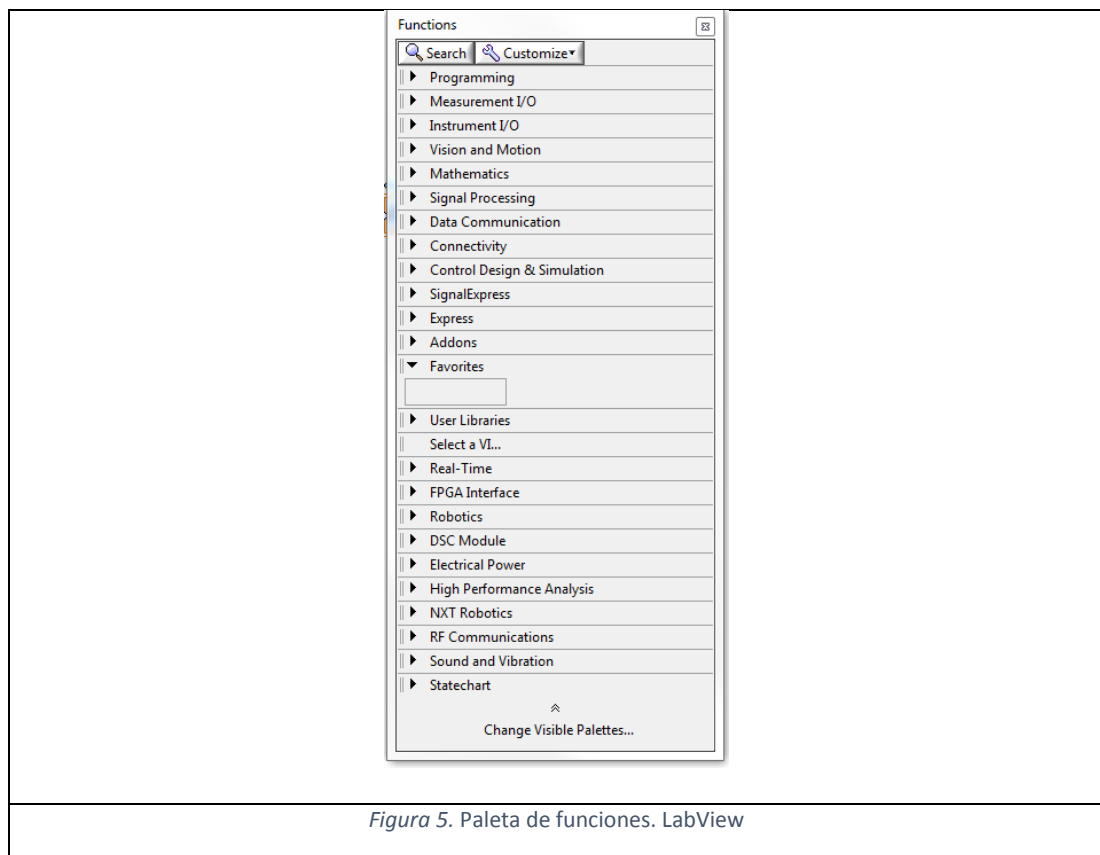


Figura 4. Paleta de controles. LabView

Así también se puede encontrar varias herramientas para visualización gráfica como waveform graph, waveform chart, xy entre otros; mismo que presentan graficas de líneas, de barras, puntos, etc., dependiendo de la aplicación. En el panel frontal se pueden incluir listas, tablas, arreglos o clusters, tanto indicadores como controles, que permiten una visualización en conjunto con otros parámetros relacionados entre sí.

#### 1.4.1.3 Paleta de funciones

La paleta de funciones puedes ser desplegado desde el diagrama de bloques, y contiene todas las herramientas para la lógica de programación, que como se mencionó es gráfica.

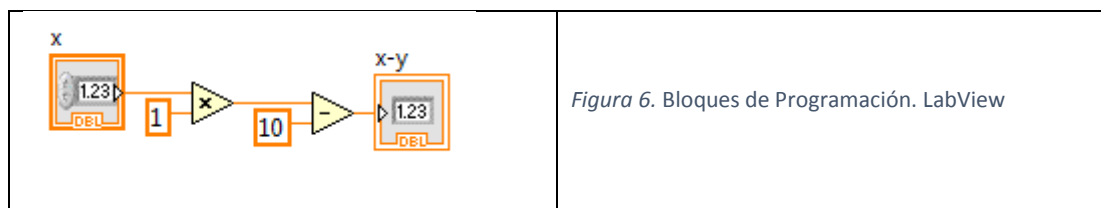


Entre las herramientas más utilizadas y básicas está Programming, debido a que en esta se alojan las estructuras de programación como For Loop, While Loop, Case, Formula Node y así como asignación de variables tanto locales como globales. Así también existe la herramienta Express, misma en la que se puede enlazar las entradas de hardware al programa directamente o a través de protocolos; también se tiene herramientas para realizar análisis de señales; finalmente se tiene herramientas de salida, es decir bloques para sacar datos a través de hardware o por protocolos.

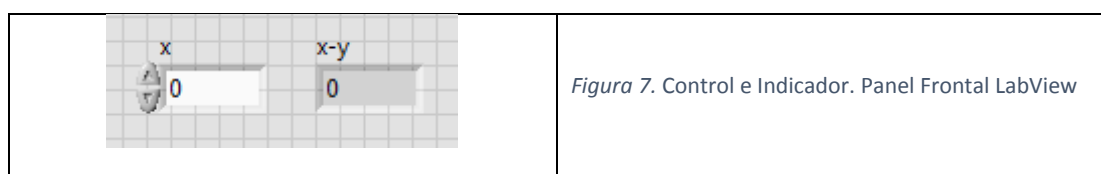
Entre varias herramientas más se encuentran las numéricas, de comparación, de archivo, así como para la creación de arreglos, clusters, etc., utilizando también los diferentes tipos de variables.

#### 1.4.1.4 Programando en LabView

La programación en LabView se realiza desde el diagrama de boques. Desde la paleta de funciones se arrastran los bloques preestablecidos en el programa, hasta el diagrama de bloques. Cada bloque tiene conectores (*Figura 6*), mismo que sirven para enlazarse con otros bloques a través de líneas claramente identificables y muy parecidas a circuitos eléctricos. Estas líneas establecen conexión de datos entre los bloques. Para que se conecten los bloques, estos deben ser compatibles en el tipo de datos, es decir si se requiere hacer un cálculo matemático, los bloques deben ser numéricos; o si se quiere procesar datos binarios, los bloques deben ser booleanos.



Desde el panel frontal se colocan los controles (*Figura 7*) dependiendo del tipo de datos que se estén procesando en el diagrama de bloques, así también se colocan los indicadores que son los encargados en visualizar los resultados de las operaciones realizadas en el diagrama de bloques.



Se puede notar en la *Figura 7* que desde el panel frontal no es posible visualizar conexión entre el control numérico ubicado a la izquierda de la imagen y el indicador ubicado a la derecha de la imagen.

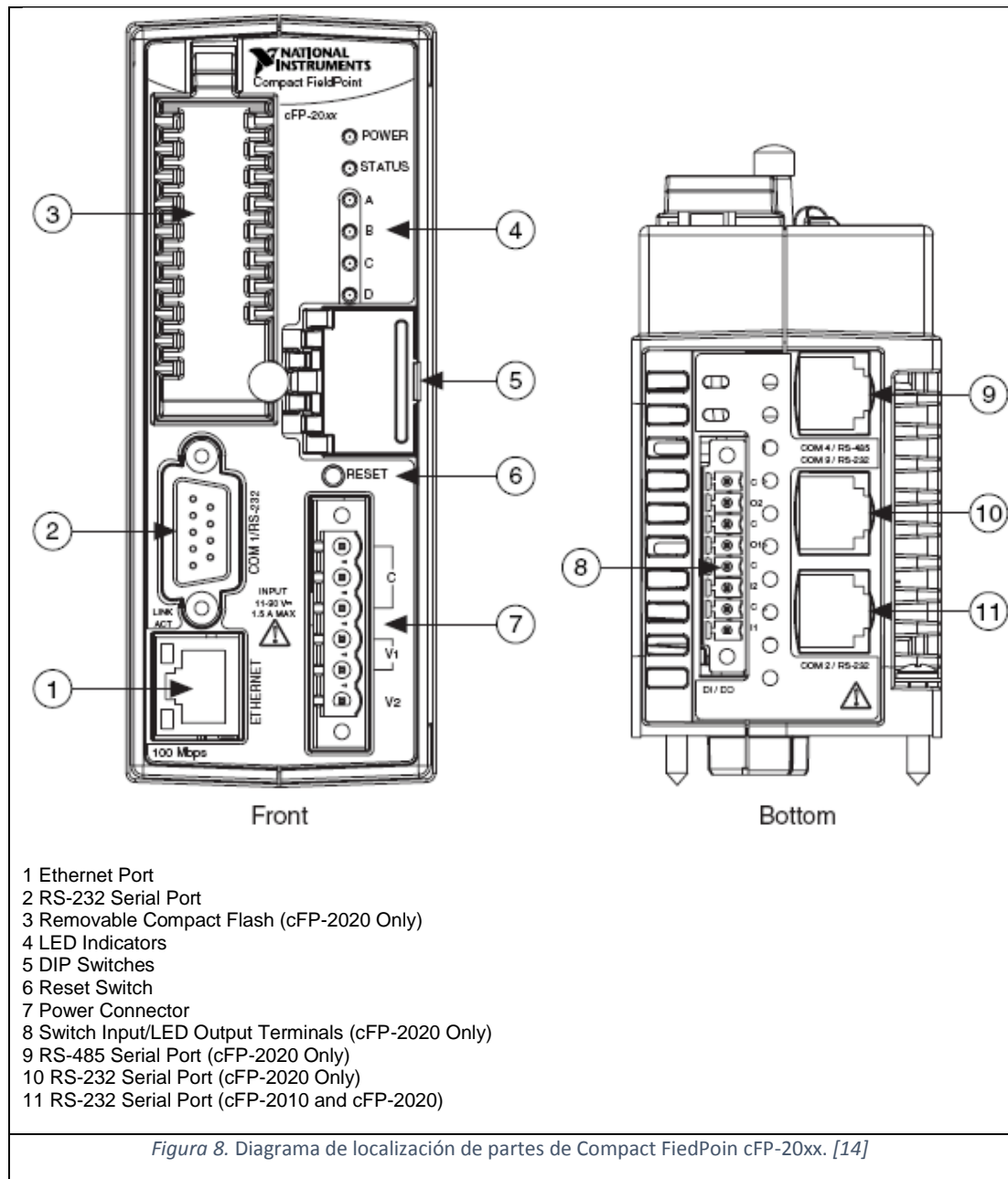
Para que el programa empiece a funcionar existe un icono en la barra de tareas de nombre Run y Run continuo. En el primer caso el programa se ejecuta una sola vez, y en segundo caso el programa se ejecuta continuamente hasta que se presione el botón de stop. A diferencia de programas que se ejecutan por líneas, donde es evidente la forma en cómo se va ejecutando el programa, ya que se ejecuta línea por línea; en LabView se pueden realizar varias operaciones como en la *Figura 6* en paralelo, y al momento de ejecutarse sería imposible determinar cuál de las operaciones se ejecuta primero. Pero ello no es un obstáculo a la hora de programar, porque el software da la impresión de que las calcula en paralelo; de querer realizar una ejecución secuencial, pues se debe utilizar una estructura de secuencia, misma que debería encerrar a la, o las operaciones para que se ejecuten en un tiempo partícula.

Una de las ventajas que ofrece el software LabView, es que la mayoría de operaciones numéricas o técnicas matemáticas vienen ya desarrolladas en el Tool Kit; entre las más populares están las matemáticas, procesamiento de señales, estadísticas, visión artificial, robóticas, sistemas de control, comunicación de datos, etc.

#### **1.4.2 Compact Field Point**

El Compact FieldPoint hardware de la National Instruments y por ende compatible con el software LabView. Es un equipo escalable, y básicamente con la ayuda de módulos o tarjetas adquiere señales externas (Analógicas o Digitales), para su posterior procesamiento. El Compact Field Point también realiza funciones de control a través de salidas booleanas o analógicas, dependiendo del módulo que se use. En el modelo cFP-2020 se puede añadir hasta 6 tarjetas o módulos [14]. Para recibir o emitir señales el Compact Field Point debe

estar conectado a una computadora, ya que toda la lógica y las órdenes le llegan desde el software instalado en el computador.



El Compact FieldPoint tiene diferentes interfaces de conectividad (Figura 8) entre ellas están Ethernet 10BaseT y 100BaseTX con velocidad de transmisión de 10Mbps, 100Mbps, RS-232



serial Port, RS-485. Tiene además una memoria interna de 64MB no volátil y 32MB de DRAM [14]

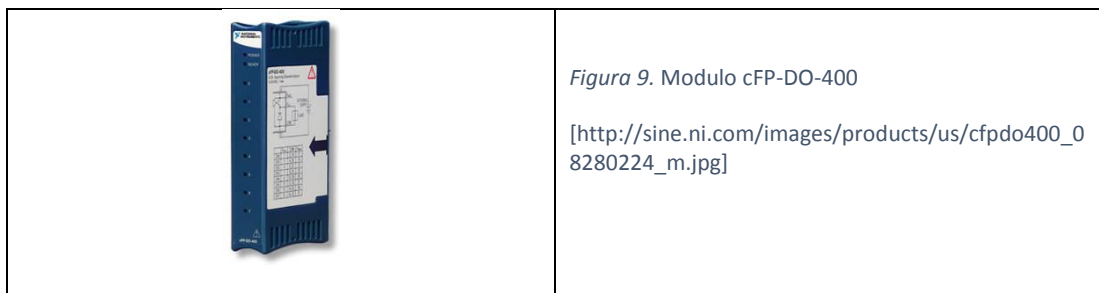
Para el funcionamiento del Compact FieldPoint es necesario la instalación del Software LabView en el computador al que está conectado. Así también se debe instalar los drivers propios del compact FieldPoint. Todo el paquete mencionado de softwares se adquiere junto al Hardware del Compact FieldPoint.

### 1.4.3 Módulos de Conexión

Como se mencionó el compact FieldPoint trabaja con tarjetas o módulos, mismas que permiten adquirir o sacar señales tanto analógicas como digitales. Entre los módulos compatibles con el modelo del Compact fieldPoint cFP- 2020 están el cFP-DO-400, cFP-CB-RLY-421, cFP-AI-100, cFP-CB-1.

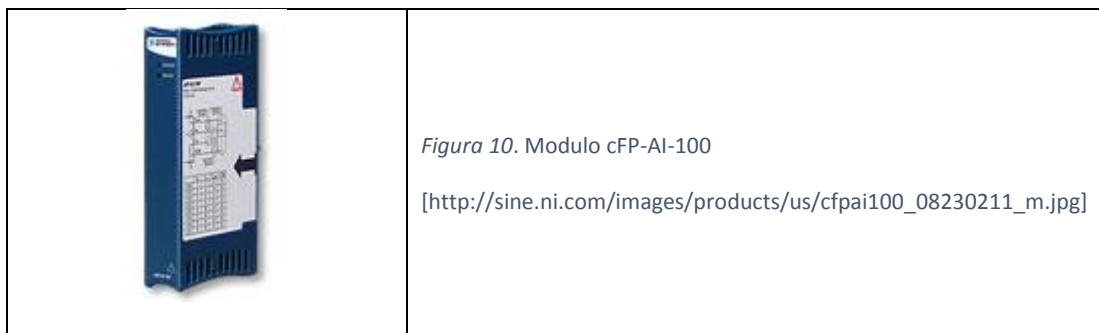
#### 1.4.3.1 Módulo cFP-DO-400

Ofrece una operación Plug-and-play con el compact FieldPoint; es un módulo ocho canales de salida digital tipo sourcing, cada salida tiene un indicador led. Las salidas de voltaje son configurables en valores de 5 a 30 Vcd, con amperajes por canal de máximo dos amperios. [15].



### 1.4.3.2 Módulo cFP-AI-100

Este módulo (Figura 10) permite la adquisición de señales analógicas de voltaje como de corriente a través del Compact FieldPoint. Tiene ocho canales configurables dependiendo si se requiere adquirir señales de corriente o voltaje (). Además posee certificación de calibración de fábrica, y emitida por el NIST que aseguran la fiabilidad y precisión en las medidas analógicas adquiridas. La resolución en mediciones es de 12bits, con velocidad de muestreo es de 20.8ms [16].




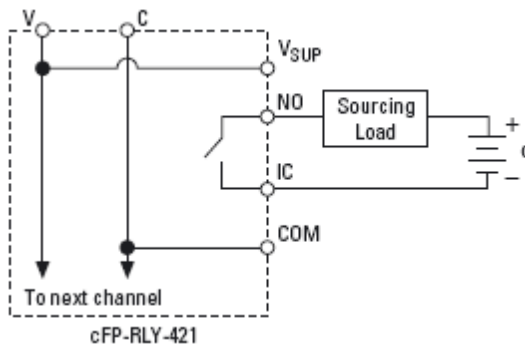
A continuación se presenta una tabla resumen de especificaciones del módulo cFP-AI-100:

Rango de entrada	Nominal	Resolución efectiva
<b>Voltaje</b>	0 – 1 V	1.5 mV
	0 – 5 V	5 mV
	0 – 15 V	15 mV
	0 – 30 V	25 mV
	± 1 V	1.5 mV
	± 5 V	5 mV
	± 15 V	25 mV
	± 30 V	40 mV
<b>Corriente</b>	0 – 20 mA	15 µA
	4 – 20 mA	15 µA
	±20 mA	40 µA

Tabla 2. Especificaciones Módulo cFP-AI-100 [16]

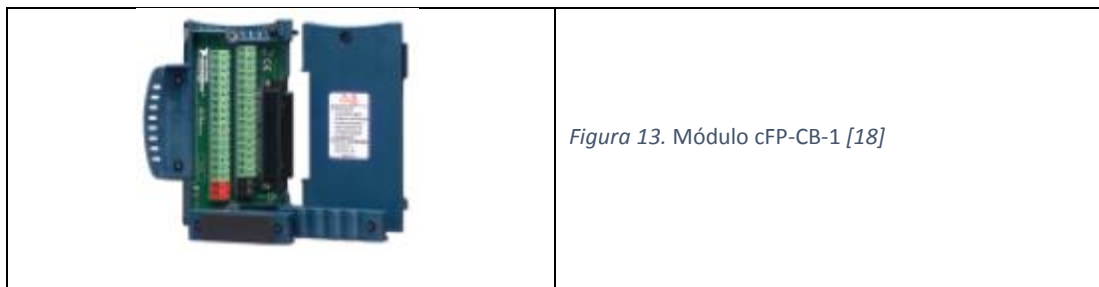
### 1.4.3.3 Módulo cFP-CB-RLY-421

Es un módulo de relés de 8 canales (*Figura 11*), es decir un módulo de control de señales digitales de salidas. Se pueden conectar cargas de uso general a cada salida de relés, mismo que son de un solo tiro y un solo polo (*Figura 12*). Cada canal está separado por su propia tierra; puede soportar corrientes de hasta 1.5 amperios a 35Vcd o 250Vca por canal. El tiempo de respuesta del Relé es de 10 mili segundos [17].

	
<p><i>Figura 11. Módulo cFP-RLY-421</i></p> <p>[<a href="http://sine.ni.com/images/products/us/cfp_rly_421_030725_m.jpg">http://sine.ni.com/images/products/us/cfp_rly_421_030725_m.jpg</a>]</p>	<p><i>Figura 12. Diagrama esquemático de cFP-RLY-421.</i></p> <p>[17]</p>

### 1.4.3.4 Módulo cFP-CB-1

El módulo posee conectores que facilitan la conexión de entradas o salidas con otros módulos, a través de este módulo se realiza el cableado de sensores, transductores, relés, etc a módulos como el cFP-AI/DO/CB; es decir que cada módulo mencionado debe tener un cFP-CB-1 para que pueda ser conectado con los elementos externo [18].



## 1.5 Red de Comunicaciones

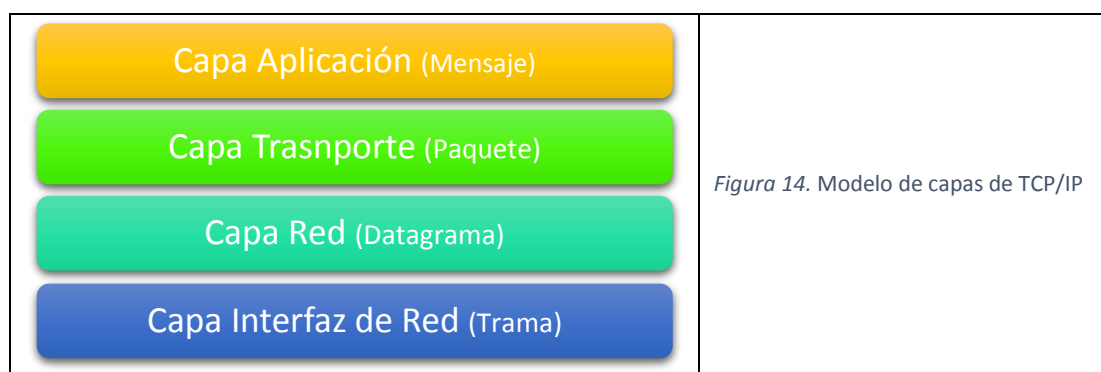
Red de comunicaciones es aquella que comunica información entre dos o más elementos que componen la red, siendo el flujo de la información un sentido, en dos sentidos pero uno a la vez, y en ambos sentidos al mismo tiempo, denominados como comunicación en modo simplex, half Duplex y Full Duplexs respectivamente. En un sistema de comunicación existen 3 componentes generales que son el transmisor, receptor y el medio de comunicación. Como medios de comunicación se tiene los guiados y no guiados. Entre los guiados está el cable de cobre, fibra óptica, etc. Medios no guiados como el vacío, el aire, etc. Dependiendo del medio de comunicación se han desarrollado técnicas para adaptar o acoplar la información, también conocido como modulación. El tipo de información puede ser analógico o digital; así también la modulación puede ser analógica o digita.

La transmisión digital de información, que involucra codificación de la información tanto para seguridad de la información como para introducir redundancia, más modulaciones digitales eficientes, hacen que la recuperación de la información en el receptor sea efectiva. La mezcla de técnicas digitales en las redes de comunicación ha provocado la aparición de varios protocolos y arquitecturas de comunicación dependiendo de su uso. El modelo referente para la arquitectura en la interconexión de las comunicaciones es el modelo de Interconexión de Sistemas Abiertos OSI por sus siglas en inglés (Open Sistem Interconnection), basado en

capas jerárquicas con funciones específicas y relacionadas entre sí, con el fin de comunicarse con otros sistemas. Las capas del modelo OSI son la de nivel físico, nivel de enlace de datos, nivel de red, nivel de transporte, nivel de sesión, nivel de presentación y nivel de aplicación. Cada capa está pensada para proporcionar servicio a capas de nivel superior, es decir una capa se sustenta a su vez en una capa inferior. Si una capa inferior falla, las capas superiores a estas no tendrán datos fiables y fallarán también.

### 1.5.1 Modelo TCP/IP

Es un modelo pensado en función de proporcionar una guía para el diseño e implantación de redes con el fin de comunicar que equipos. El modelo está basado en 4 capas jerárquicas con funciones bien definidas; cada capa proporciona un lote de datos en las que se basa la siguiente. Individualmente cada capa proporciona una cabecera de datos, en la que se imprime características de transmisión, de red, de transporte y de aplicación. Las capas del protocolo TCP/IP son capa de Interfaz de red, capa de internet, capa de transporte y capa de aplicación [19].



La capa de aplicación tiene la función de comunicar a los procesos o aplicaciones entre computadoras, para ello se utiliza protocolos como SNMP, SMTP, telnet, FTP, entre otros.

La capa de transporte es la encargada de recoger los datos provenientes de la capa de aplicación y fragmentarlos para el transporte; cada fragmento debe estar asociado con la aplicación y el número de fragmento para que pueda ser rearmado en el destino. Así también esta aplicación proporciona el flujo de paquetes entre transmisor y receptor. Esta capa maneja protocolos TCP y UDP.

La capa de red, o también conocida como capa de internet recibe paquetes desde la capa de transporte, ubica una cabecera en la cual envía dirección de origen, de destino, entre otras; esta cabecera será interpretada por los enrutadores y el datagrama se envía al destino. Esta capa maneja protocolos como IP, ICMP, ARP, etc.

Capa de interfaz de red, o también conocida como capa de enlace, es la encargada de traducir un datagrama proveniente de la capa de red, en tramas que son interpretadas por el hardware o tecnologías de red para ser transmitidas. Es así que las direcciones lógicas de la capa de red son relacionadas con direcciones físicas. Esta capa ubica una cabecera al igual que las anteriores capas, según la interfaz de red que se utilice. Entre las interfaces de red se tiene Ethernet, IEEE 802.3, xDSL, PPP, Token Ring, etc.

### **1.5.2 Ethernet**

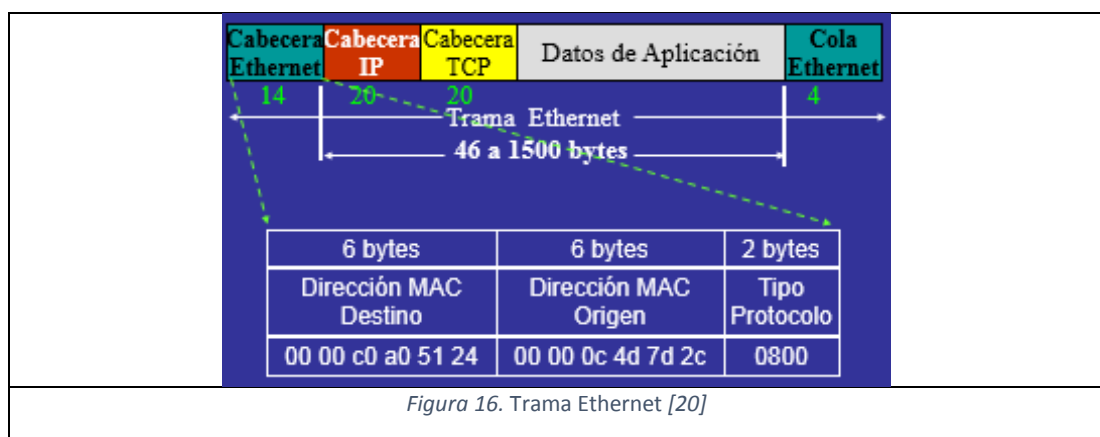
Es un protocolo de transmisión de datos utilizado en la capa de interfaz de red del protocolo TCP/IP. Dependiendo de la implementación se toma en cuenta los parámetros como velocidad de transmisión, método de señalización y longitud máxima del segmento, y por ende el cableado como se muestra en la *Figura 15*. Es el más utilizado en redes de área local y utiliza el protocolo de acceso al medio CSMA/CD (por sus siglas en inglés Carrier Sense Multiple Acces)

Tipo	Medio	Ancho de banda máximo	Longitud máxima de segmento	Topología Física	Topología Lógica
10Base5	Coaxial grueso	10 Mbps	500 m	Bus	Bus
10Base-T	UTP Cat 5	10 Mbps	100 m	Estrella; Estrella Extendida	Bus
10Base-FL	Fibra óptica multimodo	10 Mbps	2.000 m	Estrella	Bus
100Base-TX	UTP Cat 5	100 Mbps	100 m	Estrella	Bus
100Base-FX	Fibra óptica multimodo	100 Mbps	2.000 m	Estrella	Bus
1000Base-T	UTP Cat 5	1000 Mbps	100 m	Estrella	Bus

Figura 15. Variedades de red Ethernet [20]

En la *Figura 15* se denota las similitudes entre el tipo 10 Base-t y 100 Base-Tx, salvo en las velocidades de transmisión que son de 10Mbps y 100Mbps respectivamente. Los dos utilizan cable UTP categoría 5 y su alcance máximo es de 100 metros, utilizando topologías de red estrella.

En la *Figura 16* se muestra la trama Ethernet, que está compuesta de 15 por la cabecera Ethernet de 14 bytes, seguido por la cabecera IP de 20bytes, cabecera TCP de 20bytes, datos de la aplicación y una cola Ethernet de 4bytes [20].



### 1.5.3 Enlaces de Microondas Terrestres

Son utilizadas en sistemas de telecomunicaciones, con fines de cubrir largas distancias hasta llegar al receptor; básicamente son enlaces punto a punto y son implementados en lugares donde es poco factible llegar con medios guiados. El rango de frecuencias está desde los 2 a 40 GHz, cuanto mayor es el ancho de banda mayor es la velocidad de transmisión [21], así lo muestra la Tabla 3. La implementación de un enlace de microondas comienza en la determinación de la línea vista entre el transmisor y receptor; ello involucra determinar los perfiles topográficos del terreno que separa a los equipos. Sin obstáculos la distancia puede ser determinada por la siguiente ecuación.

$$d = 7.14\sqrt{Kh} \quad \text{Ecuación 2}$$

Donde  $d$  es la distancia entre los puntos,  $K$  es la constante de corrección debido a la refracción de las microondas por la curvatura de la tierra, por lo general su valor es  $4/3$ ;  $h$  es la altura de las antenas [21].

Al igual que todo sistema de comunicaciones, los enlaces de microondas sufren pérdidas, que en este caso son producidas por el espacio libre. Las pérdidas son directamente proporcionales a la distancia y frecuencia, como lo demuestra la siguiente ecuación.

$$L = 10\log\left(\frac{4\pi d}{\lambda}\right)^2 \text{ dB} \quad \text{Ecuación 3}$$

Donde  $d$  es la distancia del enlace y  $\lambda$  es la longitud de onda, ambas en las mismas unidades de longitud.

Para determinar la confiabilidad del sistema se calcula la ganancia del mismo, como se muestra en la siguiente ecuación.

$$G_s = P_t - C_{min} \geq F_m + L_p + L_b - A_t - A_r \quad \text{Ecuación 4}$$



Donde  $G_s$  es la ganancia del sistema (dB),  $P_t$  es la potencia de salida del transmisor (dBm),  $C_{min}$  potencia mínima de entrada al receptor para determinado objetivo de calidad (dBm),  $F_m$  margen de desvanecimiento para determinado objetivo de confiabilidad,  $L_p$  pérdida por trayectoria en espacio libre entre las antenas,  $L_b$  pérdida total por acoplamiento o por ramificación,  $A_t$  y  $A_r$  ganancia de la antena transmisora y receptora respectivamente con respecto a un radiador isotrópico [22].

Banda (GHz)	Acho de Banda (MHz)	Velocidad de Transmisión (Mbps)
<b>2</b>	7	12
<b>6</b>	30	90
<b>11</b>	40	135
<b>18</b>	220	247

*Tabla 3. Prestación de microondas digitales típicas. [21]*

En la actualidad existen sistemas informáticos que permiten la simulación y cálculo de enlaces de microonda terrestres, es el caso Radio Mobile que es de distribución libre; trabaja en el orden de los 20Mhz a 20Ghz, utiliza el modelo de propagación ITM (Irregular Terrain Model) o modelo Longley-Rice, y los datos de elevación se pueden obtener de diferentes fuentes entre ellos el SRTM (Shuttle Terrain Radar Mapping Misión) del proyecto de la NASA con un precisión de 100 metros.

## **CAPÍTULO II**

### **CAPÍTULO 2: METODOLOGÍA**

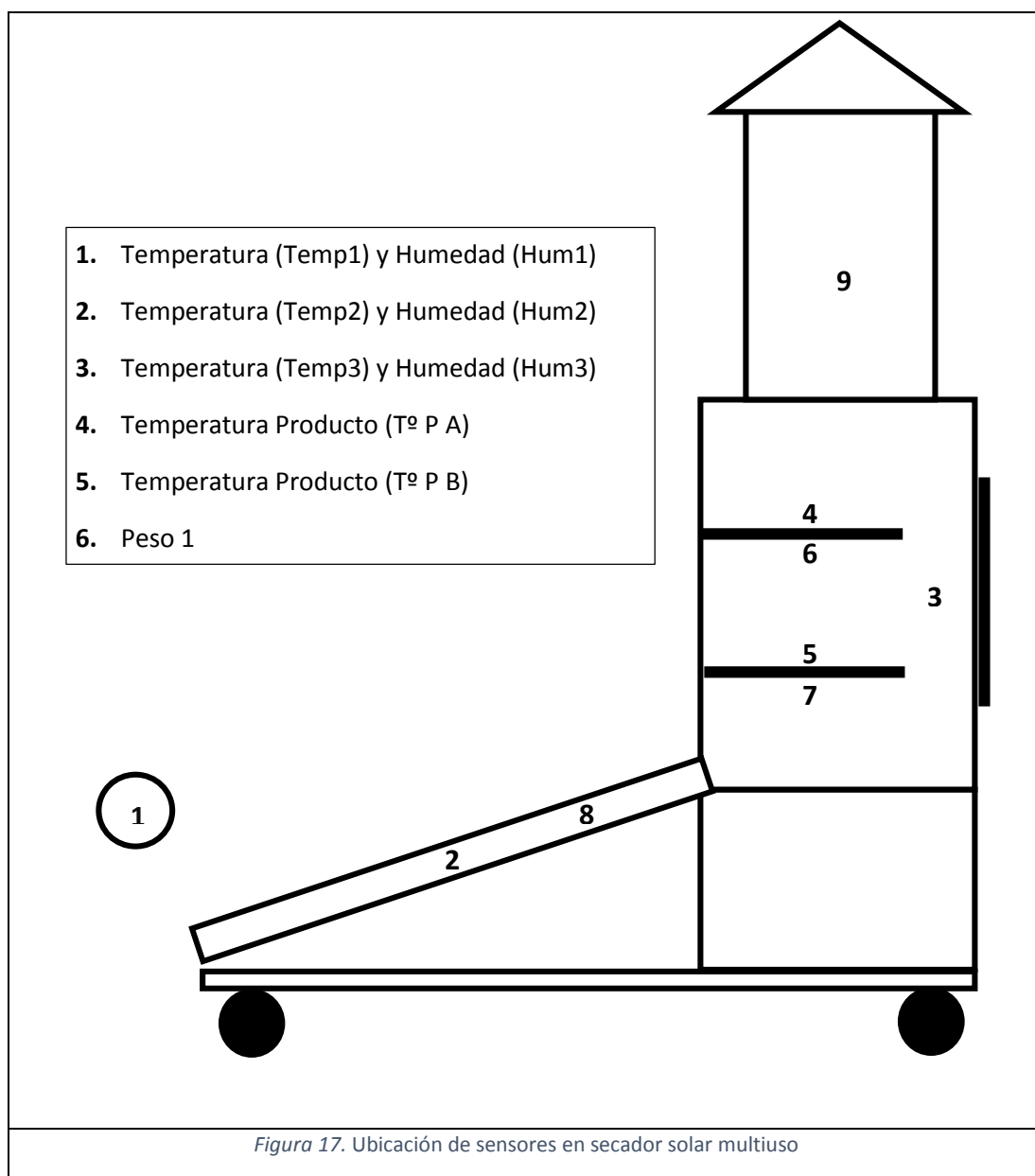
#### **2.1 Diseño del sistema de monitoreo**

El sistema consiste en monitorear los sensores que se ubicarán en el secador solar multiuso. Para ello las señales analógicas de los sensores se adquieren utilizando los módulos de Conexión cFP –AI- 400. Los módulos transfieren la información al Compat Field Point de forma digital, para luego ser transportados hacia el computador a través de una comunicación Ethernet. Para las pruebas de laboratorio, el secador solar multiuso estará en la terraza del edificio donde está la central de monitoreo, y desde allí se puede acceder al Compat Field Point con cable red, debido a que la distancia no supera los 25 mtrs. Para las pruebas de campo la conexión se realizará a través del equipo de enlace de microondas, mismo que se debe configurar para una conexión Ethernet. De esta forma la comunicación entre el secador solar multiuso y el centro de monitoreo es transparente, es decir independiente de la distancia entre los dos.

La interfaz hombre máquina se diseña para brindar al investigador facilidad al momento de adquirir y registrar los datos; así como también para observar los resultados totales o procesados de los datos registrados.

## 2.2 Acondicionamiento de Sensores en el Secador Solar Multiuso

Los sensores del secador solar multiuso son de temperatura, humedad, velocidad del viento y peso; mismo que se ubican en lugares estratégicos tanto dentro como fuera del equipo, propuestos por el equipo de investigadores de la UNACH. La ubicación de los sensores se indica en la



### 2.2.1 Sensor de temperatura y humedad relativa

Es un sensor de marca ESODRIVE, modelo THR-370/CM, con rango de medición de temperatura de 0 a 100 °C con una precisión de  $\pm 0.4\%$ ; el rango de medición de Humedad relativa es de 0 a 100% con una precisión de  $\pm 0.2\%$  de humedad. El voltaje de alimentación es de 24 Vcd, y el rango de la señal analógica de salida es de 4 a 20 mA. Este sensor se encuentra ubicado en los puntos 1, 2 y 3 de la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..**



Figura 18, Sensor de Temperatura y Humedad. TRH-370/CM

El objetivo de ubicar un sensor fuera del secador solar, es medir temperatura y humedad del ambiente. El objetivo de los sensores ubicados en los puntos 2 y 3, es medir la temperatura y humedad del colector y de la cámara de secado respectivamente.

En la Figura 19 se observa la relación entre la corriente de salida del sensor y la temperatura en grados centígrados. Dando como resultado la siguiente ecuación.

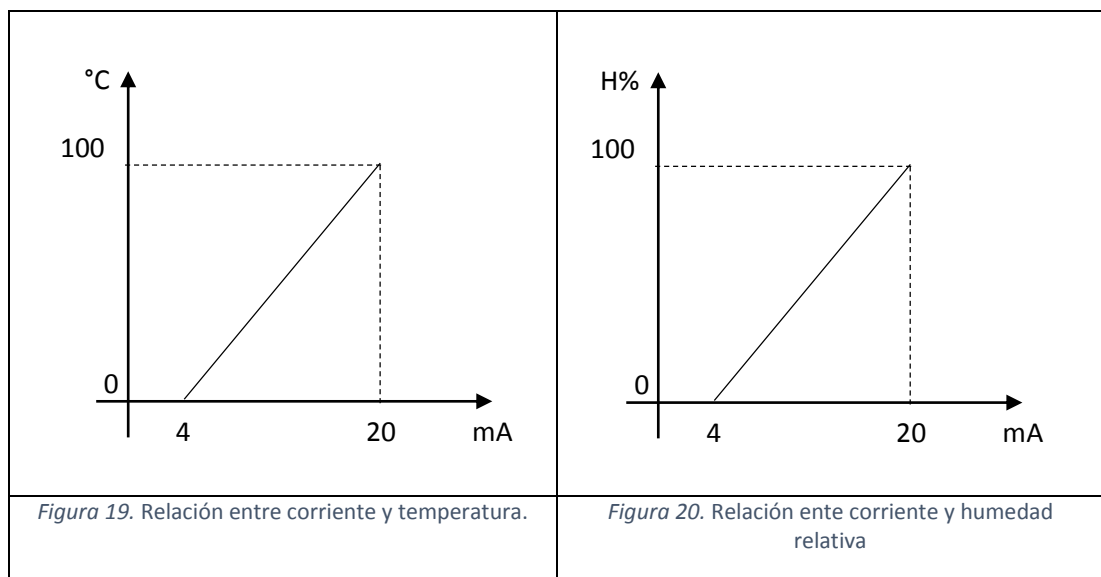
$$T = 6250x - 25 [^{\circ}\text{C}] \quad \text{Ecuación 5}$$

Donde  $T$  es la temperatura en  $^{\circ}\text{C}$  y  $x$  es la corriente que entrega el sensor medida en amperios.

Así también en la Figura 20, se observa la relación entre la corriente de salida del sensor y la humedad relativa, dando la siguiente ecuación.

$$HR = 6250x - 25 \text{ [\%]} \quad \text{Ecuación 6}$$

Donde  $HR$  es la humedad relativa y  $x$  es la corriente del sensor medida en amperios.



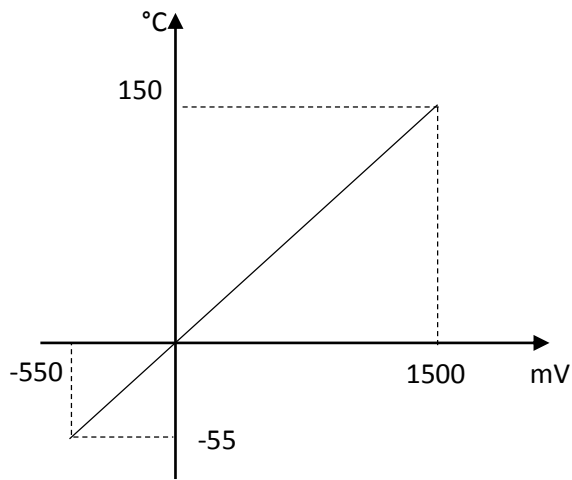

### 2.2.2 Temperatura del producto

La función del sensor es medir la temperatura al contacto con el producto. Para ello se utiliza el LM35, que es un sensor de temperatura, con un rango de medición desde -55 a 150 °C, con una precisión de 1 °C. Su voltaje de alimentación está entre los 4Vcd a 30Vcd y su voltaje de salía es de -550mV y 1500mV.

De acuerdo a la Figura 21, se determina la siguiente relación.

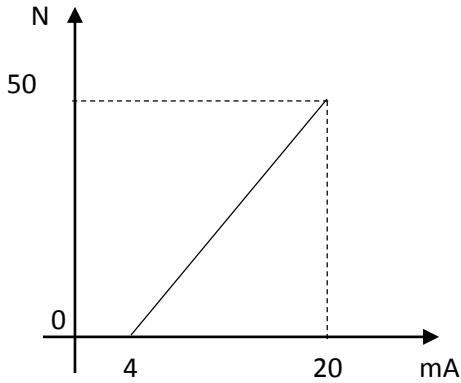

$$T = 100x \text{ [}^{\circ}\text{C]} \quad \text{Ecuación 7}$$

Donde  $T$  es la temperatura del producto y  $x$  es el voltaje de salida del sensor LM35.

	
<p><i>Figura 21. Relación entre Voltaje y temperatura del sensor LM35</i></p>	<p><i>Figura 22. Sensor de Temperatura LM35. [www.hispavila.com]</i></p>

### 2.2.3 Peso

La función del sensor es registrar la pérdida de peso del producto conforme se va secando. Se tiene dos sensores, uno para cada bandeja de secado. La célula de carga tiene una capacidad de 50 Newtons que transformados dan 5 Kg; con una precisión de 0.02%.

	
<p><i>Figura 23. Relación entre corriente y Newtons</i></p>	<p><i>Figura 24. Célula de carga</i></p>

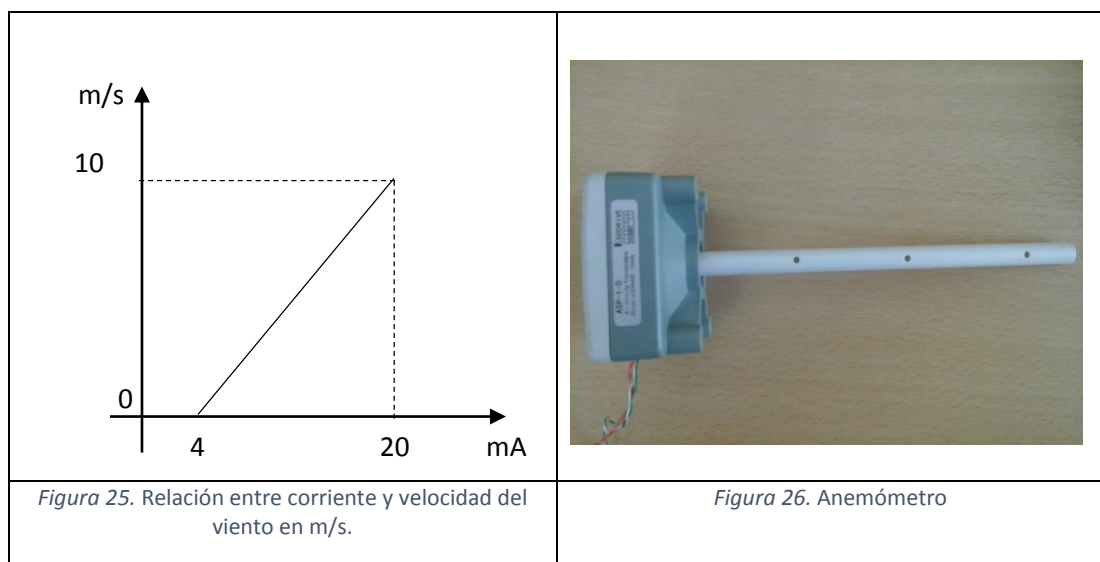
De la Figura 23, y transformado a Kg se tiene la siguiente relación.

$$P = 318,45x - 1,27 \text{ [Kg]} \quad \text{Ecuación 8}$$

Donde  $P$  es el peso medido en Kg y  $x$  es la corriente de salida del sensor.

#### 2.2.4 Anemómetro

La función del sensor es medir la velocidad del viento; y se ubica un sensor en el colector y otro en la cámara de secado, como se muestra en la Figura 17. El rango de medida de sensor es de 0m/s a 10m/s; su alimentación es de 24Vcd y el rango de la corriente de salida es de 4mA a 20mA.



De la Figura 25, se obtiene la siguiente relación.

$$A = 318,45x - 1,27 \text{ [m/s]} \quad \text{Ecuación 9}$$

Donde  $A$  es la velocidad del viento y  $x$  es la corriente de salida del sensor.

### 2.3 Diseño de Sistema de Adquisición y Registro de Datos

El sistema debe ser capaz de almacenar la información recogida por los sensores instalados en el secador solar multiuso.

El sistema se plantea en tres etapas que son el muestreo de señales de los sensores, el almacenamiento de los mismos y el monitoreo a través de una interfaz hombre máquina.

### 2.3.1 Adquisición de datos

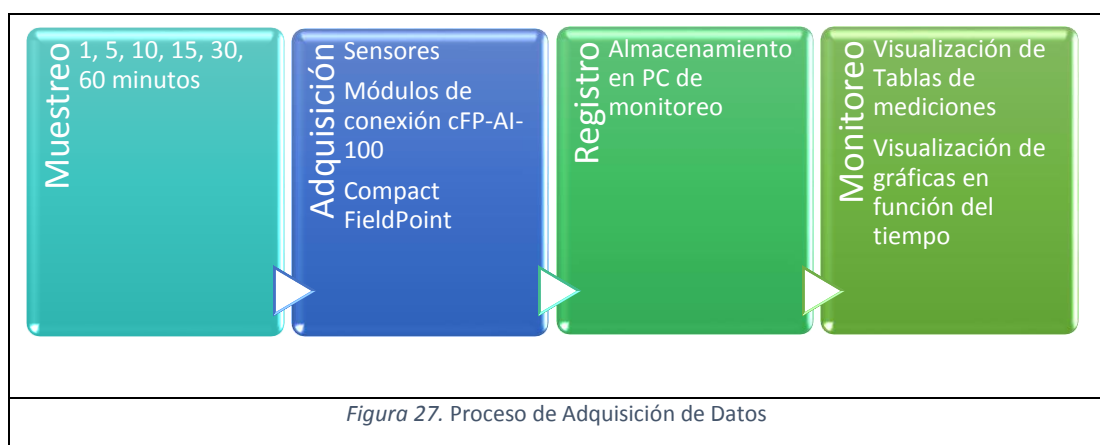
La adquisición de datos se desarrolla a través software programado en LabView, y de los módulos de conexión cFP – AI-100 del Compact Field Point, que recoge señales analógicas y las transforma en datos digitales, para su almacenamiento en la computadora de monitoreo.

Los datos a adquirir se muestran en la Figura 17, y son 5 señales de temperatura, 3 señales de humedad, 2 señales de peso del producto, y 2 señales de velocidad del viento. Dando un total de 12 variables a registrar en cada tiempo de muestreo.

Las magnitudes físicas recogidas por los módulos de conexión del compac Field Point son de voltaje y de corriente; y deben ser transformadas a valores de temperatura, humedad, peso y velocidad del Viento. Para ello se debe tomar en consideración las ecuaciones propuestas en el puntos 2.2.

El módulos de Conexión CFP-AI-100 del compact Field Point debe ser configurada para captar la señales en el rango de voltaje de los sensores indicados en el punto 2.2. Esto se analiza más en detalle en el punto 3.3.2 de este documento.

El sistema de adquisición de datos es independiente del sistema de análisis estadístico de datos. En la Figura 27 se muestra el proceso de adquisición de datos.





### 2.3.2 Muestreo

En función de los requerimientos de los investigadores, el sistema debe ser capaz de muestrear las señales de los sensores cada 1, 5, 10, 15, 30 o 60 minutos, debido a las distintas pruebas con diferentes clases de vegetales o frutos que se vayan a secar.

Para cada experimento que se realice en el secador solar, previamente se debe establecer el tiempo de muestreo y no se modificará hasta que termine el experimento.

### 2.3.3 Almacenamiento de datos

Una vez adquiridos los datos cada cierto tiempo, el sistema almacena o registra los datos en un espacio del disco duro del computador de monitoreo. Para el almacenamiento de los datos se seleccionó un formato abierto de extensión Comma-Separated Values (CSV), para registrar los datos en forma de tablas; este formato es compatible con LabView, Microsoft Excel y varios programas estadísticos como el SPSS. El almacenamiento de datos se realiza según las sugerencias del RFC4180 [23].

El sistema debe ser capaz de almacenar en un archivo, todo el experimento realizado. Es decir que debe existir un archivo por cada experimento. El registro de los datos se vincula con el tiempo de la muestra.

Los datos son almacenados por filas. En la primera fila y como cabecera se imprime el nombre de cada uno de las magnitudes físicas censadas; estas son separadas por comas para su registro. Las filas que se imprimen a continuación son de datos y están relacionadas con las magnitudes físicas de la cabecera.

El orden de los datos registrados en cada fila son los siguientes:

1. Muestras.- Número de muestras
2. Tiempo.- Tiempo en que se tomó la muestra en formato universal [01-01-1904 00:00:00].
3. Tiempo.- Tiempo en que se tomó la muestra en formato universal [01-01-1904 00:00:00]. (Esta columna será reutilizada en el procesamiento de datos)

4. Temperatura 1.- Sensor 1 de la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**
5. Temperatura 2.- Sensor 2 de la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**
6. Temperatura 3.- Sensor 3 de la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**
7. Temperatura A.- Sensor 4 de la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**
8. Temperatura B.- Sensor 5 de la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**
9. Humedad 1.- Sensor 1 de la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**
10. Humedad 2.- Sensor 2 de la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**
11. Humedad 3.- Sensor 3 de la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**
12. Balanza 1.- Sensor 6 de la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**
13. Balanza 2.- Sensor 7 de la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**
14. Anemómetro 1.- Sensor 8 de la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**
15. Anemómetro 2.- Sensor 9 de la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**

Es decir que se almacena en cada fila 15 datos, produciendo 15 columnas. Los datos de los sensores se almacenan con notación científica de Floating Point según el estándar IEEE 754.

Los datos son almacenados en forma de caracteres en el archivo CSV. La fila de la cabecera contiene 150 caracteres (150 Bytes) y cada fila de datos contiene 150 caracteres (150 Bytes).

El tamaño de almacenamiento necesario, si el sistema funcionara durante un año consecutivo, con muestras cada un minuto es de 78.84 MB. Este es el caso extremo, si el secador solar multiuso se estuviera monitoreando la temperatura, humedad y velocidad del viento en todo el año.

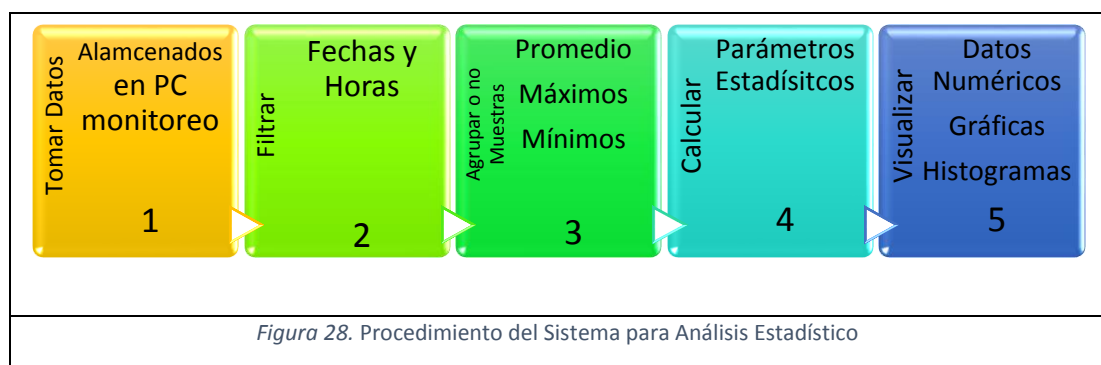
## 2.4 Diseño de Sistema de Análisis estadístico de datos.

Los parámetros estadísticas a calcular son desviación estándar, varianza, media, moda, media aritmética, el punto del valor máximo y mínimo, e histograma con rango de medidas. Los parámetros estadísticos a calcular son preliminares, debido a, que para un estudio más a profundidad el investigador utilizará software especializado como el SPSS.

El sistema se diseña para que realice los siguientes procedimientos para el cálculo estadístico sugerido.

1. Acceder a los datos almacenados en la computadora de monitoreo.
2. Extraer los datos en determinadas fechas y horas.
3. Agrupar o no muestras, y de ser el caso, calcular el promedio o valor máximo o mínimo. Esto ayuda a una mejor visualización de los datos. Sería imposible distinguir una gráfica de 1000 muestras, pero si se agrupan cada 10 muestras, la gráfica resultante daría 100 puntos.
4. De estos datos calcular todos los parámetros estadísticos.
5. Visualizar datos numéricos y gráficos (muestra e histograma)

Este procedimiento se muestra en la Figura 28.



Cada procedimiento es configurable en el sistema para mayor operatividad y caracterización al momento de analizar los datos adquiridos. Esto incluye la localización del archivo en el

disco duro de la computadora, rango de horas y fechas en las que se desea analizar, rango de tiempo para agrupar datos y mostrar como promedio, máximo o mínimo, y configurar las gráfica de muestras tanto en el eje  $Y$  como en el eje  $X$ .

El cálculo estadístico y la visualización de resultados, se realizan por cada una de las 12 variables adquiridas por el sistema de adquisición de datos. La programación y visualización se realiza en el Software LabView, y es independiente del sistema de adquisición y registro de datos. En los puntos 3.6 y 3.7 del documento se analiza a detalle la programación y visualización de los datos.

## **2.5 Diseño de Interfaz Hombre Máquina para monitoreo y análisis de resultados**

El diseño de la HMI (Human Interface Machine) se plantea, según los requerimientos de monitoreo de adquisición y Análisis estadístico de datos. Para ello se desarrolla dos aplicaciones, como se menciona en los puntos 2.3 y 2.4 de este documento.

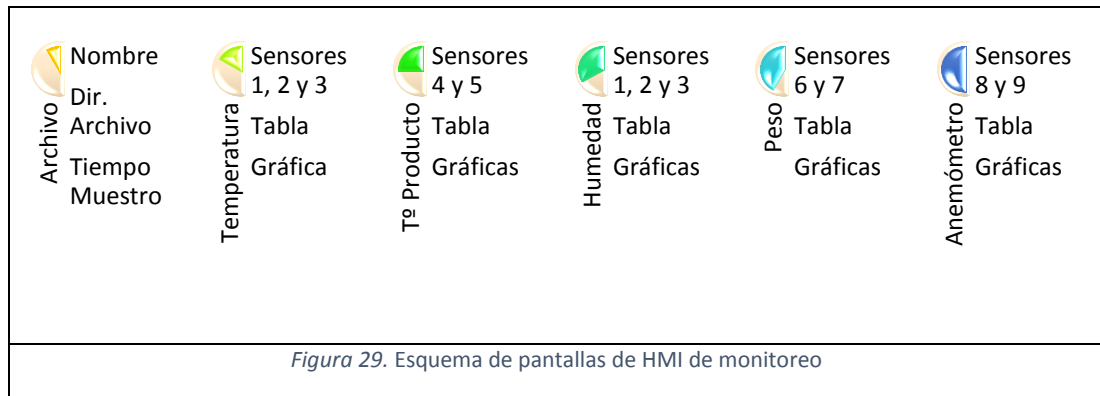
### **2.5.1 HMI para monitoreo**

La HMI para el monitoreo de adquisición y registro de datos debe cumplir con los requerimientos del punto 2.3, mismo que detalla un muestreo, el registro de las señales de los sensores y almacenar los datos en el disco duro de la computadora de monitoreo. El proceso de adquisición de datos se indica en la Figura 27.

En función de lo indicado en el párrafo anterior, se plantean implementar las siguientes pantallas de la HMI.

1. Archivo.- Para ingresar el nombre y lugar dentro del disco duro, del archivo donde se guardará la información. Así también ingresar los tiempos de muestreo, que son preestablecidos en 1, 5, 10, 15, 30 o 60 minutos.
2. Temperatura.- Debe contener una tabla que muestre los valores de temperaturas de los sensores 1, 2 y 3 de la Figura 17; así como también una gráfica en función del tiempo, que muestre las tres mediciones distinguidas claramente por colores.

3. Tº Producto.- Debe contener una tabla que muestre los valores de las temperaturas de los sensores 4 y 5 de la Figura 17; así como también una gráfica en función del tiempo, que muestre las dos mediciones distinguidas claramente por colores.
4. Humedad.- Debe contener una tabla que muestre los valores de humedad, de los sensores 1, 2 y 3 de la Figura 17; así como también una gráfica en función del tiempo, que muestre las tres mediciones distinguidas claramente por colores.
5. Peso.- Debe contener una tabla que muestre los valores de peso de las bandejas 1 y 2 de los sensores 6 y 7 de la Figura 17; así como también una gráfica en función del tiempo, que muestre las dos mediciones distinguidas claramente por colores.
6. Anemómetro.- Debe contener una tabla que muestre los valores de los anemómetros de los sensores 8 y 9 de la Figura 17; así como también una gráfica en función del tiempo, que muestre las dos mediciones distinguidas claramente por colores.



En la Figura 29 se indican las pantallas a implementar en la HMI del sistema de Adquisición y registro de datos del secador solar. El número de los sensores corresponden a la Figura 17.

### 2.5.2 HMI para análisis estadístico de resultados

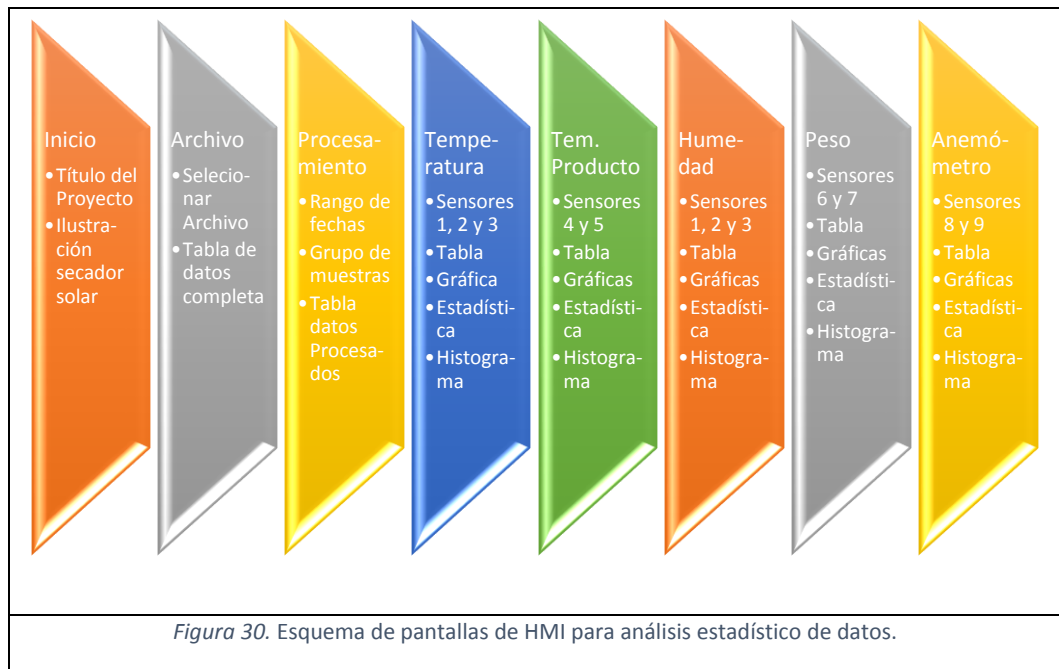
La HMI para el análisis de resultados debe cumplir con los requerimientos del punto 2.4. Para ello el diseño contempla varias pantallas, con las siguientes funciones.

1. Inicio.- Para visualizar el nombre del prototipo y una ilustración del secador solar como la Figura 17, con el número característico de los sensores.

2. Archivo.- Para seleccionar el archivo de análisis. Visualizar todo el archivo en una tabla e indicar el rango de fechas del archivo.
3. Procesamiento.- Para configurar el agrupamiento o no las muestras; y de ser el caso de agrupamiento de muestras, seleccione el cálculo de promedio, máximo o mínimo. También para ingresa el rango de fechas que se desea analizar y visualiza en una tabla los datos seleccionados y calculados.
4. Temperatura.- Para visualizar en una tabla y gráfica, los valores procesados de temperaturas de los sensores 1, 2 y 3 de la Figura 17. Por cada grupo de valores procesados de temperatura, debe visualizar resultados de desviación estándar, varianza, media, moda, media aritmética, valores máximos y mínimos de la muestra, y un histograma.
5. Temperatura del Producto.- Para visualizar en una tabla y gráfica, los valores procesados de temperatura de los productos 4 y 5 de la Figura 17. Por cada grupo de valores procesados de temperatura del producto, debe visualizar resultados de desviación estándar, varianza, media, moda, media aritmética, valores máximos y mínimos de la muestra, y un histograma.
6. Humedad.- Para visualizar en una tabla y gráfica, los valores procesados de humedad de los sensores 1, 2 y 3 de la Figura 17. Por cada grupo de valores procesados de humedad, debe visualizar resultados de desviación estándar, varianza, media, moda, media aritmética, valores máximos y mínimos de la muestra, y un histograma.
7. Peso.- Para visualizar en una tabla y gráfica, los valores procesados de las balanzas de los sensores 6 y 7 de la Figura 17. Por cada grupo de valores procesados de peso, debe visualizar resultados de desviación estándar, varianza, media, moda, media aritmética, valores máximos y mínimos de la muestra, y un histograma.
8. Anemómetro.- Para visualizar en una tabla y gráfica, los valores procesados de la velocidad del viento de los sensores 8 y 9 de la Figura 17. Por cada grupo de valores procesados de los anemómetros, debe visualizar resultados de desviación estándar,

varianza, media, moda, media aritmética, valores máximos y mínimos de la muestra, y un histograma.

De este análisis se determina que el diseño de la HMI del procesamiento estadístico de datos debe contener 8 pantallas. En la Figura 30 se resume la función de cada pantalla.



## 2.6 Diseño de la red de comunicación

### 2.6.1 Condiciones Iniciales

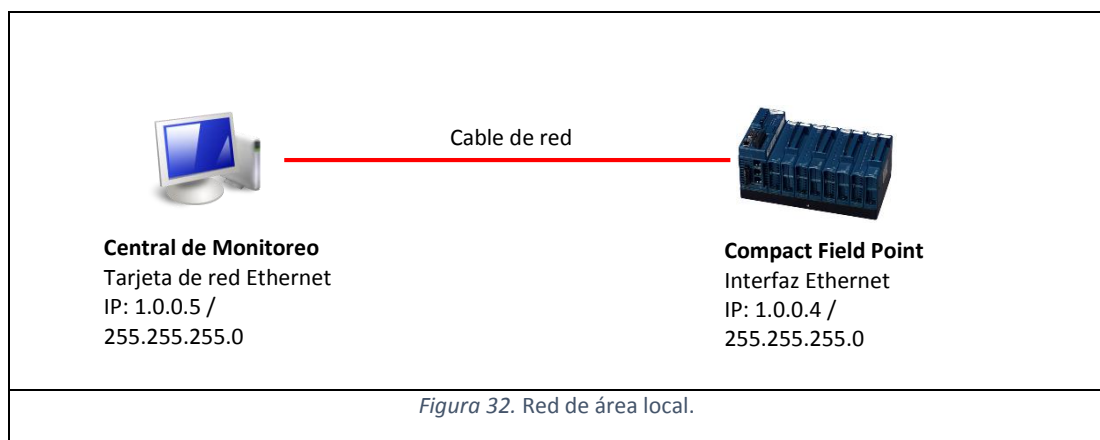
El equipo de investigación realizará pruebas experimentales en el secador solar, en las instalaciones de la UNACH, y en sectores de cultivo aledaños a la ciudad de Riobamba. En el bloque B de la facultad de ingeniería de la UNACH se encuentra la central de monitoreo (ubicado en el segundo piso) y el secador solar (ubicado en la terraza), la distancia entre ellos no supera los 100 metros. Las pruebas de campo del secador solar se realizarán en sectores agrícolas aledaños a la ciudad de Riobamba.



El Compact FieldPoint instalado en el secador solar, basa sus características de conectividad en una interfaz Ethernet, que permite conexión en 10BaseT y 100BaseTX, con velocidad de transmisión de 10Mbps o 100Mbps.

## 2.6.2 Red de área Local

En función de lo mencionado se plantea el diseño de una red de área local, misma que conecta la central de monitoreo con el Compact Field Point través del protocolo Ethernet.





La Tabla 4 indica las direcciones IP configuradas en cada equipo. La configuración de los equipos se indica en el apartado 3.3.1 de este documento.

Equipo	Dirección IP
Computador de Monitoreo	1.0.0.5/255.255.255.0
Compact Field Point	1.0.0.4/255.255.255.0

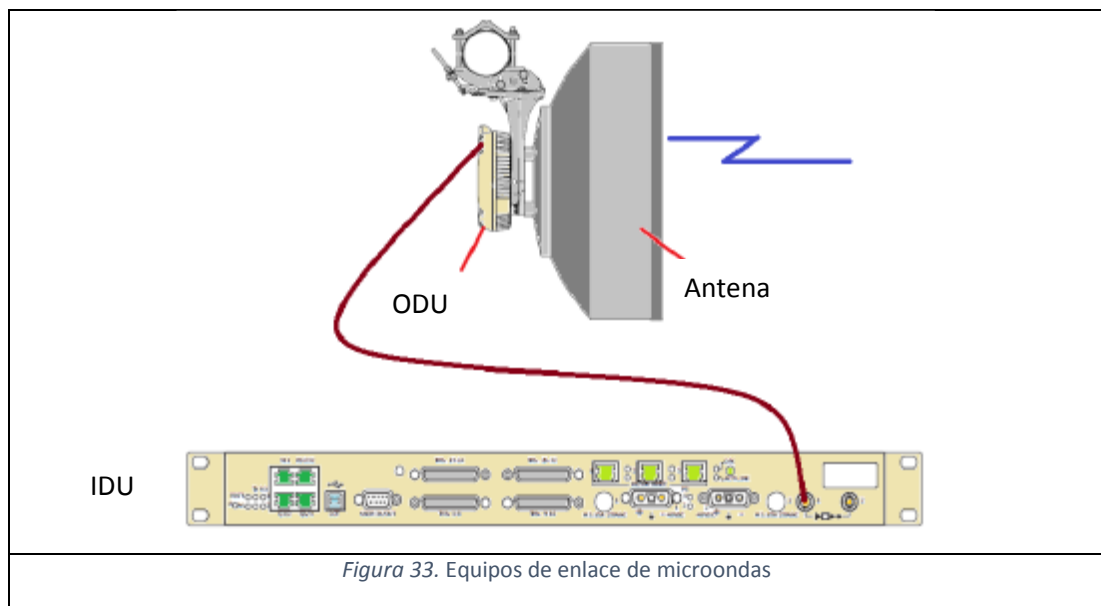
*Tabla 4. Direcciones IP de los equipos.*

### 2.6.3 Radio enlace de datos

Para las pruebas de campo del secador solar, se realiza a través de un enlace punto a punto de microondas basado en conectividad Ethernet configurable para 10 /100 Base T. El equipo está compuesto por IN DOOR UNIT (IDU) y OUT DOOR UNIT (ODU) de la marca SIAE Microelectrónica modelo ALC plus 32E1 + Ethernet [24], y una antena THP 06 marca KATHERIN [25] de alto rendimiento, que se muestra en la Figura 33.

El modelo del radio de microondas es el ALC plus 32E1 + Ethernet, y está en proceso de donación a la UNACH por parte de la Empresa DITELPRO. Los equipos constan de 2 Transeiver, 2 antenas de 60 centímetros y cables.

Las configuraciones que se detallan a continuación como LAN-1, potencia de transmisión, umbral de recepción, modulación, canalización, etc. son para las pruebas del equipo de microonda al interior de la UNACH, con fines de ilustrar como modificar estos parámetros. Posteriormente se determinará el valor estimado de estos parámetros de acuerdo a las parroquias donde se proyecte realizar el radio enlace.



### 2.6.3.1 Configuración LAN-1 de Radio Microondas

La función del equipo de microonda es proporcionar conectividad entre el Compact FeildPoint instalado en el secador solar y la computadora de monitoreo instalada en las oficinas de investigación del secador solar, de esta forma se configura para que proporcione conectividad transparente. Para ello se ingresa por web, a través del puerto de gestión (Q3/2 - Puerto Ethernet 10BaseT) en la IDU con las direcciones mostradas en la Tabla 5.

Lugar de Equipo	Dirección IP
Central Monitoreo	1.0.0.3 / 255.255.255.0
Equipo Remoto. Secador Solar	1.0.0.1 / 255.255.255.0

Tabla 5. Direcciones IP. Puerto interno de los equipos de microonda

Para ingresar a la configuración de la IDU se ingresa con el nombre "SYSTEM" como usuario, y "siaemicr" como contraseña. En el menú que despliega el equipo se ingresa a LAN-1, y en la pestaña Interface se habilita el puerto a Full Rate, con velocidad de 100M y en comunicación Full Duplex. Figura 34.

Siguiendo en LAN-1, en la pestaña Vlan (802.1Q) se habilita el puerto interno.

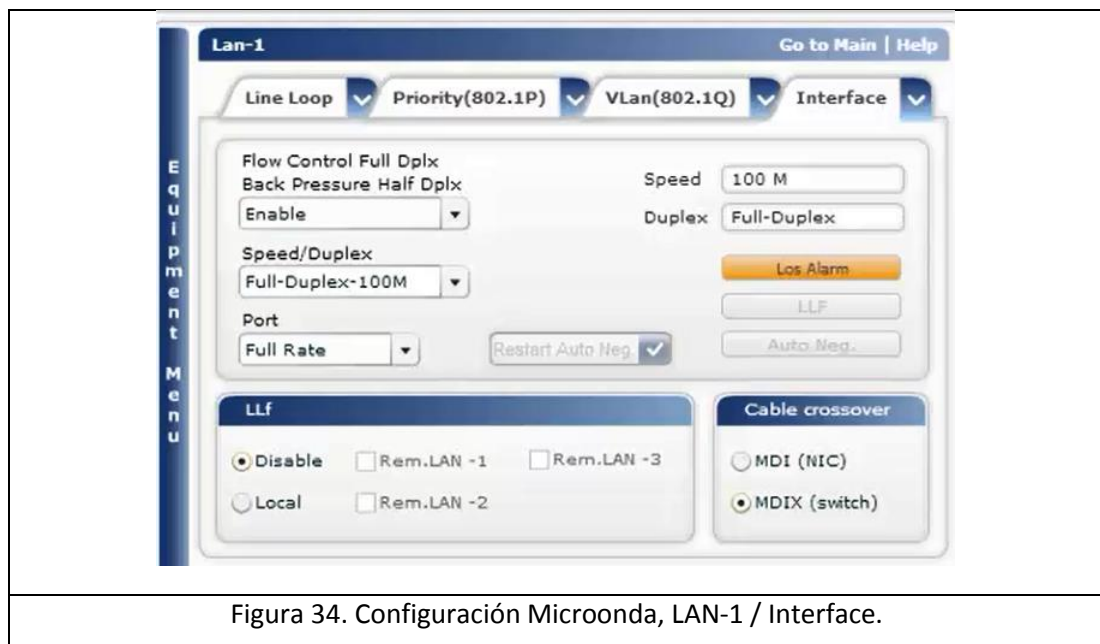


Figura 34. Configuración Microonda, LAN-1 / Interface.

Regresando al menú del equipo, se escoge la opción “Internal Port”, y dentro en la pestaña “Interface” habilitamos al puerto. En la pestaña Vlan (802.1Q) habilitamos el puerto LAN 1 y deshabilitamos los demás puertos LAN-2 y LAN-3.

### 2.6.3.2 Configuración Canal de Radio Microonda

Esto involucra la configuración de la frecuencia de operación, potencia y modulación del equipo.

Seleccionando del menú del equipo “General”, se configura al radio microonda en 1 + 0 que significa un solo transmisor; así también se configura una modulación de 16 QAM con capacidad de 64 Mbit/s.

Nuevamente del menú del equipo se selecciona “Radio Branch”, en el que se ajusta la potencia y frecuencia de operación en el canal 54 de RF, según el estándar ITU-R Rec F.636, que es normado dentro del país a través del Plan Nacional de Frecuencias [26]. Figura 35

Todos los demás parámetros de la IDU, se dejan de forma predeterminada.

Radio Microonda en el Secador Solar						
1+0	Tx 1	ACTIVE	CH	54	15047.000MHz	12 dBm
64 Mb±t/±	Rx 1	ACTIVE	CH	54	14627.000MHz	-51 dBm
16 QAM	---	---	CH	---	---MHz	--- dBm
Eth. 64Mb±t	---	---	CH	---	---MHz	--- dBm

Radio Microonda en la Central de Monitoreo						
1+0	Tx 1	ACTIVE	CH	54	14627.000MHz	12 dBm
64 Mb±t/±	Rx 1	ACTIVE	CH	54	15047.000MHz	-52 dBm
16 QAM	---	---	CH	---	---MHz	--- dBm
Eth. 64Mb±t	---	---	CH	---	---MHz	--- dBm

Figura 35. Parámetros de Radio Microonda

### 2.6.3.3 Potencia de TX, Umbral de RX y ancho de banda de canal en Equipos de Microonda

De acuerdo a los parámetros configurados en el Equipo de microonda, descritos en los puntos 2.6.3.1 y 2.6.3.2, se determina la potencia de transmisión, umbral de recepción y ancho de banda del canal en el equipo, de acuerdo a las especificaciones del fabricante [24]. Estas se muestran en la Figura 36, Figura 37 y Figura 38

GHz	Potencia de salida 4QAM	Potencia de salida 16QAM	Potencia de salida 32QAM
7	+27/30 dBm	+22/26 dBm	+20/n.a. dBm
8	+27/30 dBm	+22/26 dBm	+20/n.a. dBm
11	+25/29 dBm	+20/25 dBm	-
13	+25/29 dBm	+20/25 dBm	+20/n.a. dBm
15	+25/28 dBm	<u>+20/24 dBm</u>	+20/n.a. dBm
18	+20/24 dBm	+15/20 dBm	+15/20 dBm
23	+20/23 dBm	+15/19 dBm	+15/19 dBm
25	+20/23 dBm	+15/19 dBm	+15/19 dBm
28	+19/22 dBm	+14/18 dBm	+14/18 dBm
32	+17/20 dBm	+13/16 dBm	+13/16 dBm
38	+17/20 dBm	+13/16 dBm	+13/16 dBm

Figura 36. Potencia de salida nominal tolerancia +/- 1 dB. [24]

Frec.	4QAM				16QAM			
	2x2		4x2		2x2		4x2	
	$10^{-6}$	$10^{-3}$	$10^{-6}$	$10^{-3}$	$10^{-6}$	$10^{-3}$	$10^{-6}$	$10^{-3}$
7	-91	-93	-88	-90	-	-	-84	-86
8	-91	-93	-88	-90	-	-	-84	-85
11	-90,5	-92,5	-87,5	-89,5	-	-	-83,5	-85,5
13	-90,5	-92,5	-87,5	-89,5			-83,5	-85,5
15	-90,5	-92,5	-87,5	-89,5	-	-	-83,5	-85,5
18	-90	-92	-87	-89	-	-	-84	-86
23	-90	-92	-87	-89	-	-	-83	-85
25	-89,5	-91,5	-86,5	-88,5	-	-	-82,5	-84,5
28	-89	-91	-86	-88	-	-	-82	-84
38	-88	-90	-85	-88	-	-	-81	-83

*Figura 37. Umbral recibido garantizado en configuración 1+0 (dB). [24]*

Modulación	Capacidad					
	4 Mbit/s	8 Mbit/s	16 Mbit/s	32 Mbit/s	64 Mbit/s	105 Mbit/s
4QAM	3.5 MHz	7 MHz	14 MHz	28 MHz	-	-
16QAM	-	3.5 MHz	7 MHz	14 MHz	<u>28 MHz</u>	-
32QAM (ALC Plus)	-	-	-	-	-	28 MHz

*Figura 38. Modulación usada de acuerdo con la tasa de bit y el espacio de canal de RF. [24]*

Para las pruebas del equipo al interior de la UNACH, los parámetros configurados son:

Parámetro	Valor
LAN-1	Transparente
Comunicación	Full Duplex
Cable	MDIX
Port	Full Rate
Modulación	16QAM
Capacidad	64Mbit/s
Potencia de Transmisión	22dBm
Umbral de recepción	-51dBm
Ancho de banda Canal de RF	28MHz
Frecuencia TX → RX	15047 MHz
Frecuencia RX → TX	14627 MHz

Tabla 6. Resumen parámetros Equipo Microonda

#### 2.6.3.4 Antena de alto rendimiento

La antena es de marca KATHREIN modelo THP de 60 centímetros (Figura 39). Sus características se resumen a continuación:

Diameter	0.6 m	
Standard colour	RAL 7035	
Pole	75 ÷ 115 mm	
Elevation - fine regulation	± 20°	
Azimuth - fine regulation	± 10°	
Shroud	Low profile	
Radome	Rigid plastic	
Net weight including pole mount	11 kg	
Dimensions including pole mount	Height	650 mm
	Width	650 mm
	Depth	430 mm

Frequency GHz	Type RPE	Polar.	Gain dBi min in the band			
			Low	Mid	Top	
14.4-15.35	THP 06-144S	RPE	Single	36.3	36.6	36.9
	THP 06-144D		Dual	36.1	36.4	36.7

Figura 39. Antena THP 06. [25]

Figura 39. Antena THP 06. [25]

## 2.7 Transmisión vía Radio Enlace de microondas.

Como se menciona en el punto 2.6.3, el enlace de microondas es útil para las pruebas de campo del secador solar. La investigación de campo según lo previsto en la investigación del “Secador solar multiuso bajo condiciones ambientales de la ciudad de Riobamba”, se realizará en los alrededores de la ciudad de Riobamba, es decir en las parroquias rurales.

Las parroquias rurales del cantón Riobamba son Cacha, San Luis, Calpi, San Juan, Cubijies, Quimiag, Folores, Punin, Licán, Pungalá y Licto. Para ello se plantea en primera instancia un análisis de línea de vista, desde la UNACH hasta las parroquias rurales de Riobamba, utilizando simulación a través del software Radio Mobile.

### 2.7.1 Cobertura Visual

Tomando como centro a la UNACH con coordenadas geográficas de  $1^{\circ} 39' 6''$  Sur y  $78^{\circ} 38' 30''$  Oeste, se determina los puntos con línea de vista hacia a las parroquias rurales de la ciudad de Riobamba.

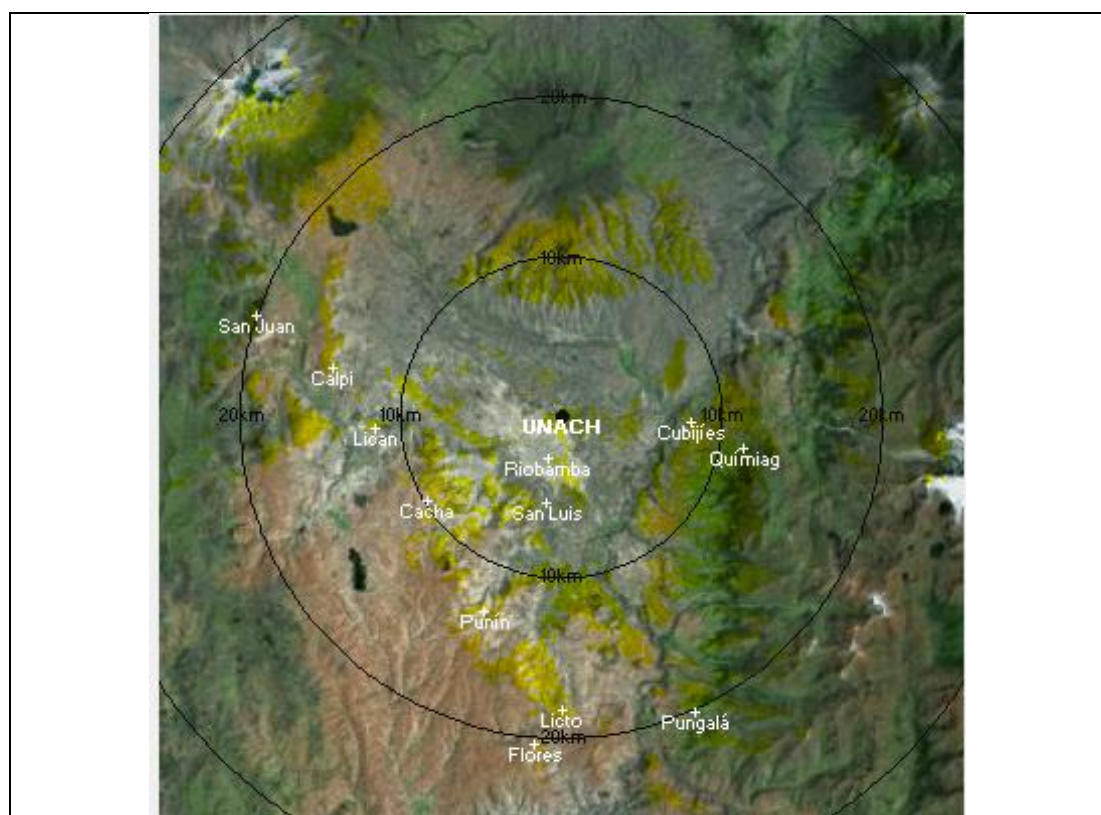


Figura 40. Cobertura Visual, UNACH - Alrededores de Riobamba. Radio Mobile

En la simulación que se muestra en la Figura 40, se resalta en color amarillo las zonas con línea de vista que existe desde la UNACH hasta los posibles lugares donde se instalaría el Secador Solar. De la simulación se determina que todas las parroquias tienen línea de vista con la UNACH. De la simulación se determinan las coordenadas geográficas para cada parroquia, como puntos óptimos para instalar el secador solar.

Parroquia	Coordenadas geográficas. Sitio optimo	
<b>Cacha</b>	1° 41' 47,5"S	78° 42' 50,10"O
<b>Calpi</b>	1° 37' 24,5"S	78° 46' 10,60"O
<b>Cubijíes</b>	1° 39' 20,2"S	78° 33' 39,60"O
<b>Flores</b>	1° 50' 33"S	78° 39' 45,00"O
<b>Licán</b>	1° 39' 26,3"S	78° 44' 45,30"O
<b>Licto</b>	1° 48' 58,7"S	78° 38' 27,60"O
<b>Pungalá</b>	1° 48' 52,6"S	78° 34' 3,30"O
<b>Punín</b>	1° 45' 39,8"S	78° 41' 6,00"O
<b>Químiag</b>	1° 40' 8,8"S	78° 32' 34,10"O
<b>San Juan</b>	1° 34' 5,4"S	78° 48' 37,60"O
<b>San Luis</b>	1° 42' 34,5"S	78° 40' 33,70"O

*Tabla 7. Puntos con líneas de vista a la UNACH. Parroquias Riobamba*

## 2.7.2 Simulación Enlace de Microondas

La simulación se realiza utilizando el software Radio Mobile, y con los datos de Parámetros de Radio Microonda, Potencia de salida nominal tolerancia +/- 1 dB, Umbral recibido garantizado en configuración 1+0 (dB), Modulación usada de acuerdo con la tasa de bit y el espacio de canal de RF, Antena THP 06, indicados en la Figura 35. Parámetros de Radio MicroondaFigura 35, Figura 36, Figura 37, Figura 38 y Figura 39 respectivamente y analizados en el apartado 2.6.3 de este documento.

En el sistema denominado "SM-THP-16QAM" del software de Radio Mobile se ingresan los datos que se muestran en la Figura 41.

Los resultados de la simulación indican que no es posible realizar el enlace de microondas como lo muestra la Figura 42. El factor a considerar es la ganancia de 36,9dBi de la antena THP 06. Se considera esta antena en virtud de que está en proceso de donación a la UNACH, y específicamente al proyecto de investigación del secador solar.

Como solución se plantea, adquirir la antena THP 12, que es de 1,2 metros, con ganancia media de 42,7dBi, como se muestra en la Figura 43.



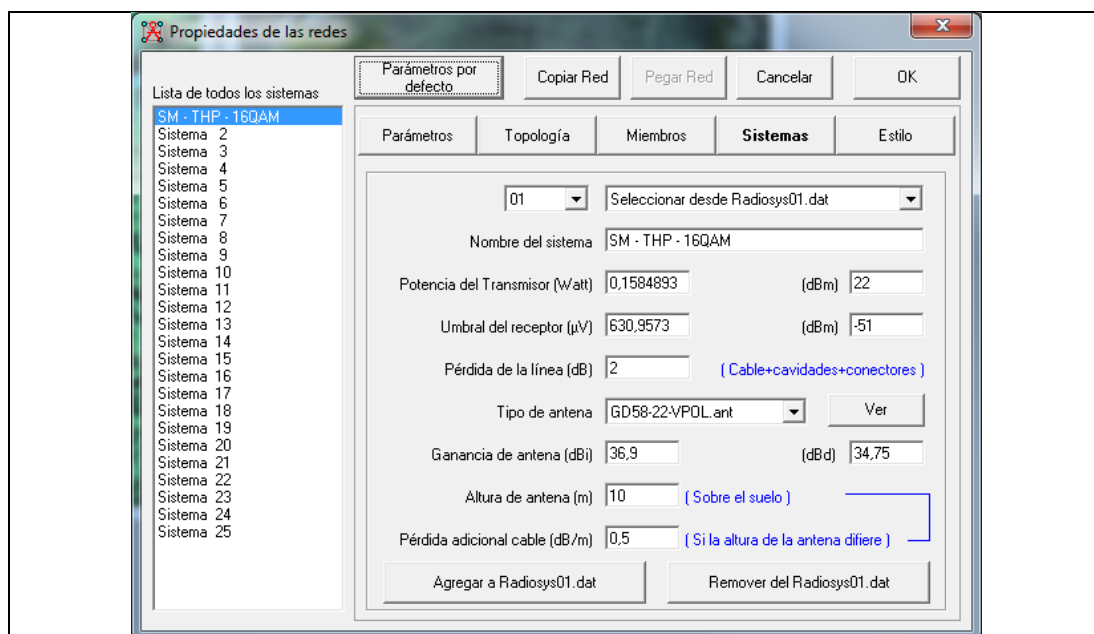


Figura 41. Sistema SM-THP-16QAM con antena de 60 centímetros. Radio Mobile

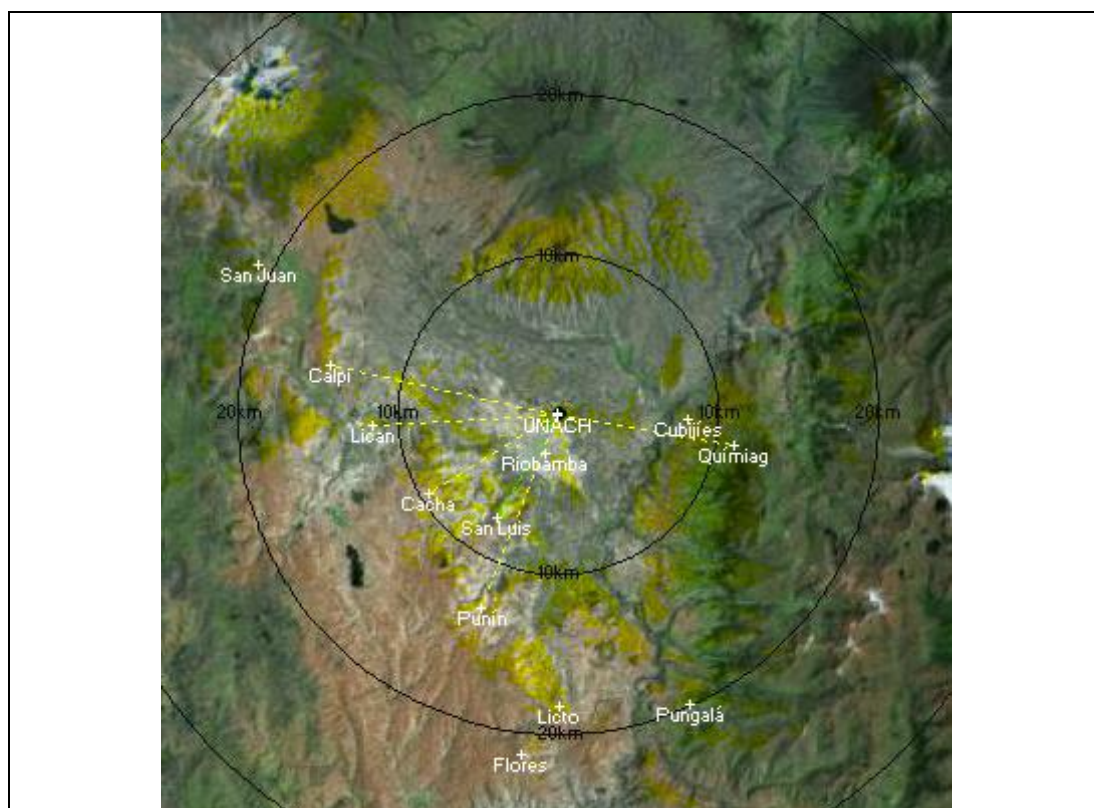
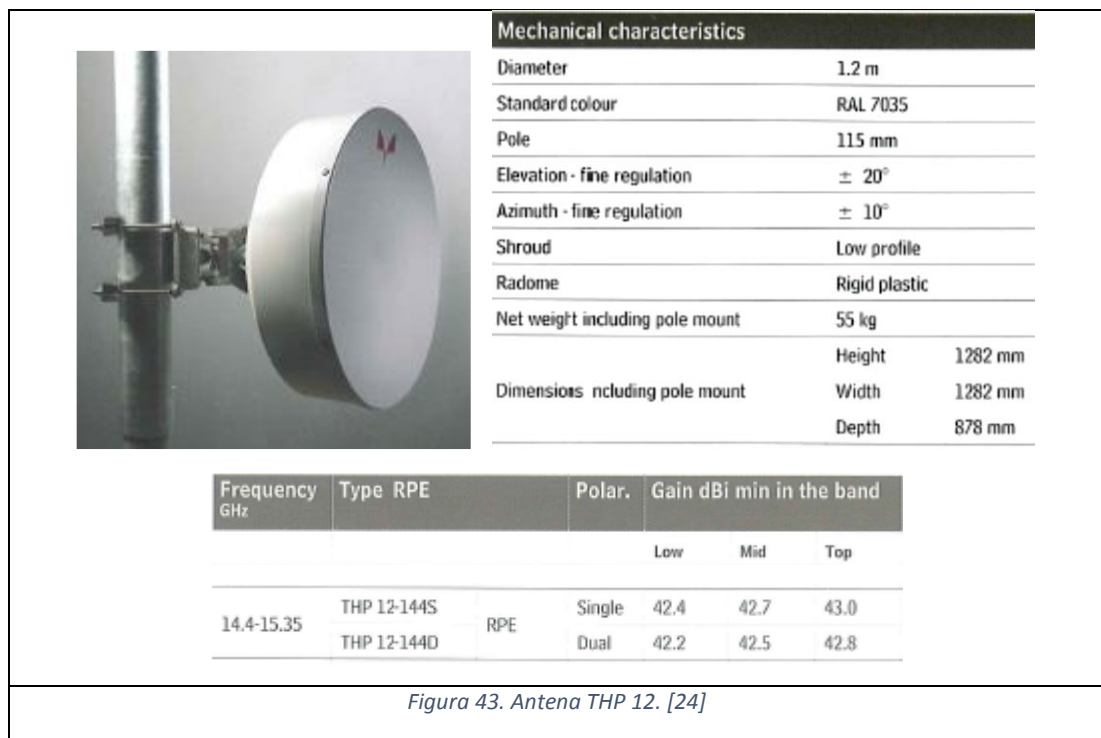
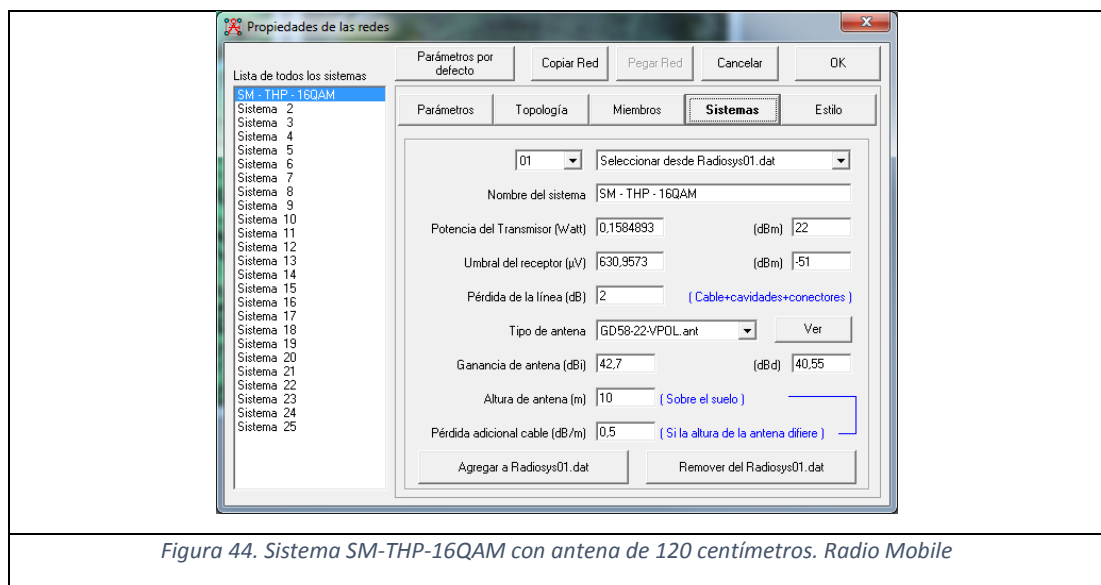


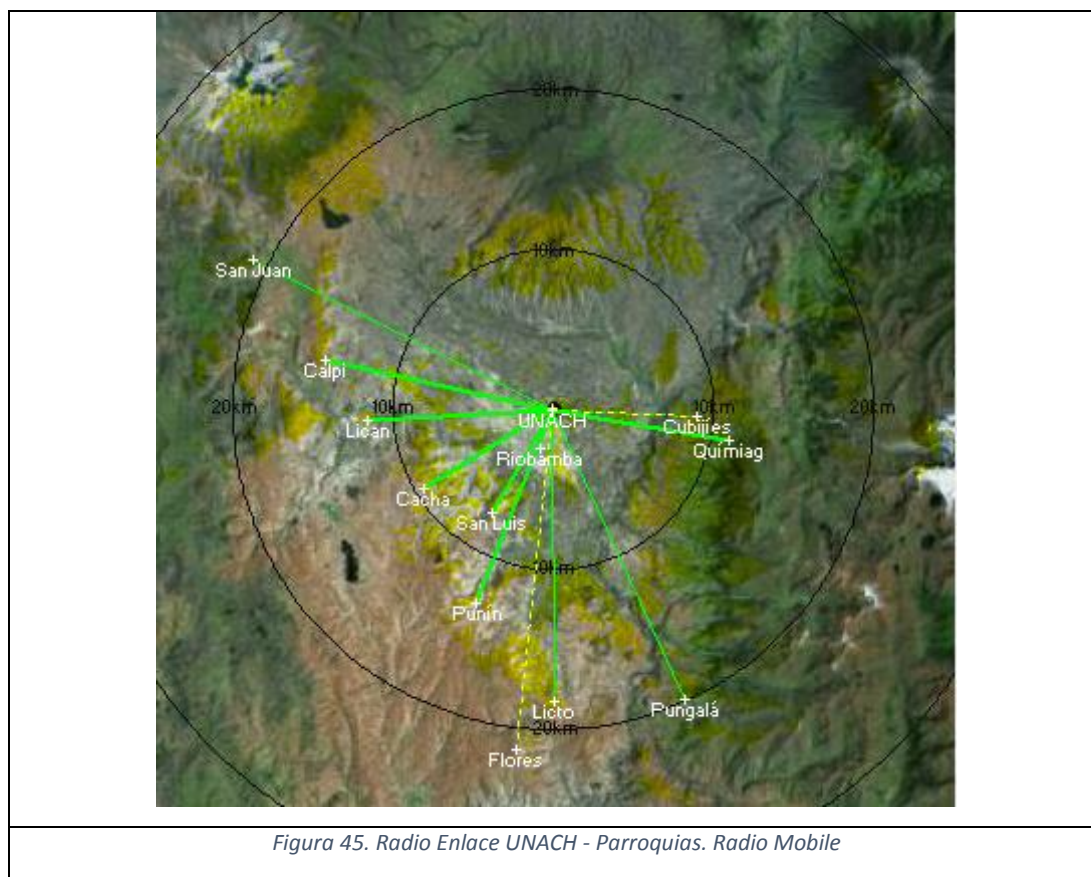
Figura 42. Radio Enlace con antena de 60 centímetros. Radio Mobile



Se ingresan los datos a Radio Mobile, con antena de 1,2 metros con ganancia media de 42,7 dBi y potencia de transmisión de 22dBm; cabe recalcar que la simulación se realiza tomando valores medios de potencia TX, umbral RX y ganancia de antena. Estos datos se muestran en la Figura 44

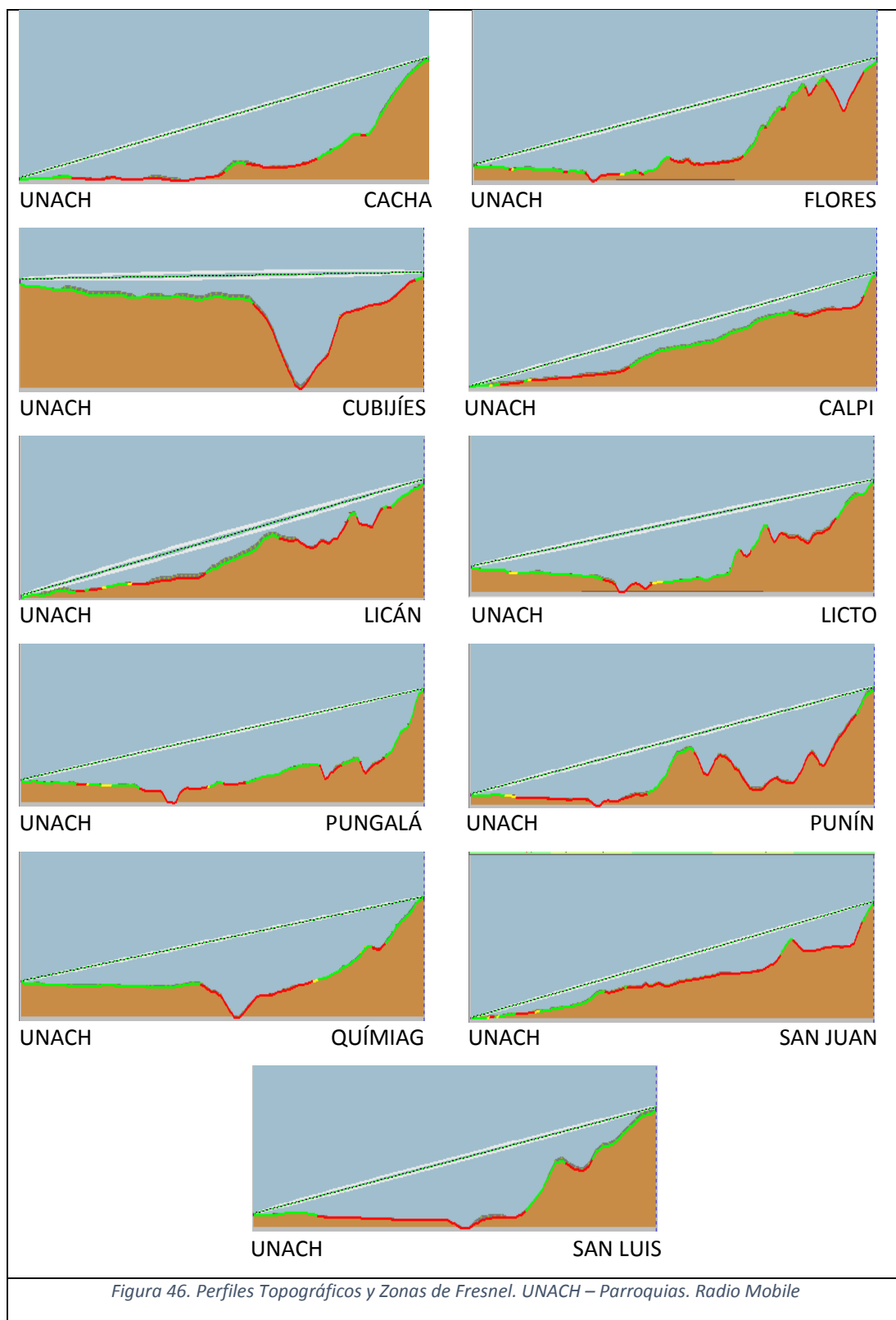


El resultado de la simulación (Figura 45) determina la factibilidad de los radio enlaces de microonda desde la UNACH hasta las parroquias de la ciudad de Riobamba.



### 2.7.3 Perfiles topográficos y Zonas de Fresnel

Para que la comunicación por el espacio libre sea efectiva, la primera zona de Fresnel debe estar libre de obstáculos. Es decir que las componentes electromagnéticas del haz que llega al receptor no deben estar obstruidas. La zona de Fresnel se determina en función de la frecuencia de operación del sistema. La Figura 46 muestra los resultados de la simulación, y se constata la línea de vista entre la UNACH y las parroquias, así como también el éxito de los enlaces de microonda al no estar obstruida la zona de Fresnel.



2.7.4 Resultados Enlace de Microondas

Los resultados de enlace de microonda se muestran en la Tabla 8. Tomando en cuenta que los parámetros ingresados en el simulador son valores medios en lo que respecta a potencia de transmisión, umbral de recepción y ganancia de antena. Los perfiles topográficos indican que existe línea de vista entre transmisor y receptor, y no presentan obstrucción al enlace salvo el caso de Cubijíes, que por estar relativamente al nivel que la UNACH presenta una obstrucción de 5,9dB, pero con un despeje de 7,4F1 es decir que la zona de Fresnel no se ve obstruida; además el margen de desvanecimiento es positivo, es decir está por encima del valor optimo esperado en el receptor (4,4dB); como también es el caso del resto de los enlace, por lo que se determina que los enlaces a cada una de las parroquias del cantón Riobamba son factibles.

Los enlaces que se indican en la Tabla 8, no se diseñan en fusión de ser implementados todos al mismo tiempo, debido a que DITELPRO a través del proyecto de investigación “Secador solar multiuso bajo condiciones ambientales de Riobamba”, donará a la UNACH solo un enlace de microondas. La Tabla 8, determina datos técnicos para ser implementado cualquiera de los enlaces que se indica; dejando a criterio de los investigadores del proyecto en mención, que enlace se implementará primero.

RED					UNIDADES									RESULTADOS								
Nombre	Parámetro		Valor	Sistema Enlace Punto a Punto		SITIO 1 (UNACH – Central de Monitoreo)			SITIO 2 (Secador Solar Multiuso)						Distancia Enlace (Km)	Pérdidas Propagación (db)	Margen desvanecimiento (db)	Fresnel Crítico				
						NOMBRE (Unidad)	Ángulo		NOMBRE (Unidad)	coordenadas		Altura (m)	Ángulo					Peor Fresnel	Despeje a (Km)	Obstrucción (dB)		
							Azi-mut	Elevación		latitud	longitud		Azi-mut	Elevación								
RED SECADOR SOLAR	LAN-1		Transparente	ODU - Antena		UNACH-Cacha		238,1	3,7	Cacha	1° 41´ 47,5”S	78° 42´ 50,1”O	3380,2	58,1	-3,7	9,45	142,1	12,3	7F1	0,25	0	
	Comunicación		Full Duplex	Marca	Kathrein	UNACH-Calpi		282,4	2,5	Calpi	1° 37´ 24,5”S	78° 46´ 10,6”O	3432,1	102,4	-2,7	14,55	145,7	8,7	2,7F1	0,25	0	
	Cable		MDIX	Modelo	THP 12	UNACH-Cubijíes		92,8	0,1	Cubijíes	1° 39´ 20,2”S	78° 33´ 39,6”O	2792,0	272,8	-0,2	8,97	147,5	4,4	7,4F1	1,12	5,9	
	Port		Full Rate	Ganancia	42,7 dBi	UNACH-Flores		186,2	1,9	Flores	1° 50´ 33”S	78° 39´ 45,0”O	3524,0	6,2	-2,1	21,33	149,1	5,3	6,4F1	18,45	0	
	Modulación		16QAM	Polarización	Vertical	UNACH-Licán		266,9	1,5	Licán	1° 39´ 26,3”S	78° 44´ 45,3”O	3087,0	86,9	-1,6	11,6	143,8	10,6	1,9F1	0,25	0	
	Capacidad		64Mbit/s	IDU - Microonda		UNACH-Licto		179,8	1,2	Licto	1° 48´ 58,7”S	78° 38´ 27,6”O	3190,0	359,8	-1,4	18,3	147,7	6,7	7,7F1	0,38	0	
	Ancho de banda Canal de RF		28MHz	Marca	SIAE M.	UNACH-Pungalá		155,6	2,1	Pungalá	1° 48´ 52,6”S	78° 34´ 3,30”O	3547,3	355,6	-2,3	19,89	148,5	5,9	8,9F1	0,63	0	
	Frecuencia TX → RX		15047 MHz	Modelo	ALC +	UNACH-Punín		201,6	2,4	Punín	1° 45´ 39,8”S	78° 41´ 6,00”O	3336,0	21,6	-2,5	13,07	144,9	9,5	7,3F1	7,04	0	
	Frecuencia RX → TX		14627 MHz	Potencia TX	22 dBm	UNACH-Químiag		100,0	3,5	Químiag	1° 40´ 8,8”S	78° 32´ 34,1”O	3455,2	280,0	-3,6	11,15	143,5	10,9	11,8F1	11,03	0	
	UNACH				Umbral RX	-51 dBm	UNACH-San Juan		296,3	2,8	San Juan	1° 34´ 5,4”S	78° 48´ 37,6”O	3829,8	116,3	-2,9	20,93	148,9	5,5	3,3F1	0,25	0
	Lat:	1° 39´ 6” S	Lon:	78° 38´ 30” O	Altura:	2768 m	UNACH-San Luis		210,7	2,8	San Luis	1° 42´ 34,5”S	78° 40´ 33,7”O	3138,8	30,7	-2,9	7,48	140,1	14,3	7,6F1	0,25	0

Tabla 8. Resultados Enlace de Microondas

## CAPITULO III

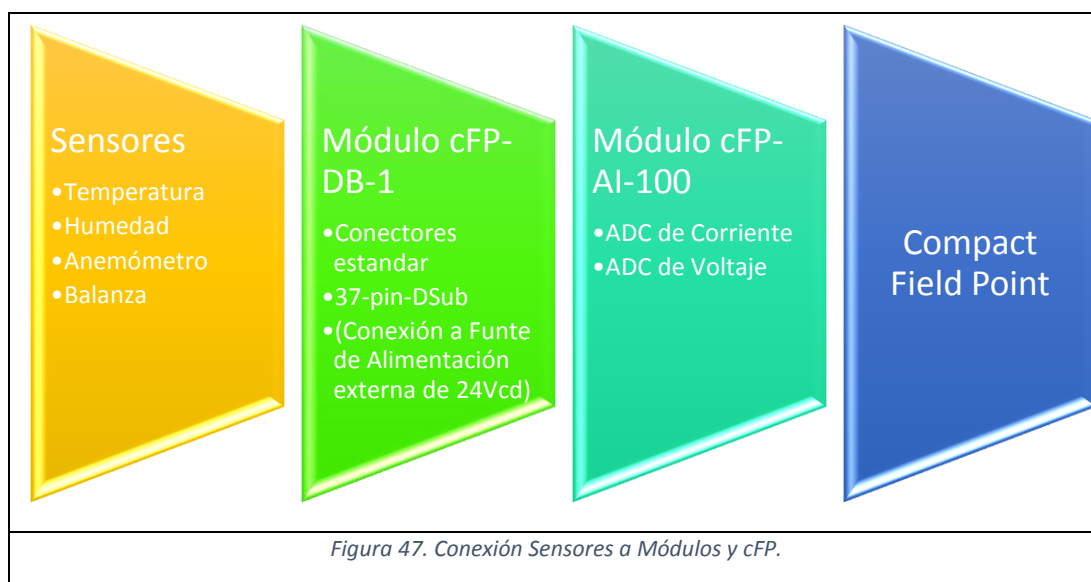
### CAPÍTULO 3: CONSTRUCCIÓN SISTEMA PROTOTIPO

#### 3.1 Construcción.

Como se describió en el capítulo anterior, el sistema de

#### 3.2 Instalación de sensores en hardware de acondicionamiento de sensores

Se instalaron los sensores en el secador solar multiuso de acuerdo a la ubicación prevista en la Figura 17 del apartado 2.2 de este documento. Los sensores a conectar son 5 sensores de temperatura, 3 sensores de humedad, 2 anemómetros y 2 sensores de peso; el módulo cFP-AI-100 tiene 8 entradas de voltaje o corriente configurable. Por lo cual es necesario 2 módulos de conexión cFP-AI-100. Los módulos se conectan a los sensores a través de módulos cFP-DB-1, cuya función es dar conexión entre sensores y módulo de adquisición de señales (Figura 47). Los módulos se señalan en el apartado 1.4.3 de este documento. Las señales recogidas por el módulo cFP-AI-100 son digitalizadas y enviadas al Compact Field Point, para posteriormente a través de este último transmitirse al computador de monitoreo.



La conexión de sensores con módulos cFP-DB-1 y cFP-AI-100 se indica en la Tabla 9. Los parámetros configurados en el módulo cFP-AI-100, para el nivel de señales de entrada e impedancias se indican en la Tabla 10, así como también los canales vinculadas a las tarjetas cFP y enlazadas al Compact Field Point.

Las Tabla 9 y Tabla 10 se desarrollan tomando como referencia los apartados: módulos de conexión y acondicionamiento de sensores analizados en los puntos 1.4.3 y 2.2 respectivamente de este documento.



SENSOR					Módulos de Conexión - Compac FieldPoint						Cables de Conexión		
Sensor	Modelo	Pines de Conexión			Módulo Conexión	Nº Tarjeta	Canal	Pines de Conexión cFP-DB-1					
		Vcd	GND	Señal				Vcd	GND	Señal	Vcd	GND	Señal
Temperatura 1	THR-370/CM	1	2	3	cFP-AI-100	3	0	17	18	2	Verde	Blanco Verde	Azul
Temperatura 2	THR-370/CM	1	2	3	cFP-AI-100	3	2	21	22	6	Café	Blanco Café	Naranja
Temperatura 3	THR-370/CM	1	2	3	cFP-AI-100	3	4	25	26	10	Verde	Blanco Verde	Azul
Temp. Producto 1	LM35	1	3	2	cFP-AI-100	4	2	21	22	5	Naranja	Blanco Naranja	Café
Temp. Producto 2	LM35	1	3	2	cFP-AI-100	4	3	23	24	7	Verde	Blanco Verde	Azul
Humedad 1	THR-370/CM	1	2	4	cFP-AI-100	3	1	19	20	4	Verde	Blanco Verde	Blanco Azul
Humedad 2	THR-370/CM	1	2	4	cFP-AI-100	3	3	23	24	8	Café	Blanco Café	Blanco Naranja
Humedad 3	THR-370/CM	1	2	4	cFP-AI-100	3	5	27	28	12	Verde	Blanco Verde	Blanco Azul
Peso 1	TJH-1	1	2	3	cFP-AI-100	4	0	17	18	2	Naranja	Blanco Naranja	Verde
Peso 2	TJH-1	1	2	3	cFP-AI-100	4	1	19	20	4	Naranja	Blanco Naranja	Blanco Verde
Anemómetro 1	ASP-I-D	1	2	3	cFP-AI-100	3	6	29	30	14	Naranja	Blanco Naranja	Blanco Azul
Anemómetro 2	ASP-I-D	1	2	3	cFP-AI-100	3	7	31	32	16	Azul	Blanco Verde	Verde

Tabla 9. Conexión de sensores con Módulos cFP

SENSORES						Configuración Módulo cFP-AI-100			Compact Field Point
Sensor	Modelo	Rango de Medición	Precisión	Rango de salida	Alimentación	Rango de entrada	Resolución Efectiva	Impedancia	Canal/Tarjeta
Temperatura 1	THR-370/CM	0 a 100 °C	± 0.4%	4 - 20mA	24Vcd	4 - 20mA	15 µA	100Ω	0/4
Temperatura 2	THR-370/CM	0 a 100 °C	± 0.4%	4 - 20mA	24Vcd	4 - 20mA	15 µA	100Ω	2/4
Temperatura 3	THR-370/CM	0 a 100 °C	± 0.4%	4 - 20mA	24Vcd	4 - 20mA	15 µA	100Ω	4/4
Temp. Producto 1	LM35	-55 a 150 °C	1 °C	-550 a 1500mV	4 – 30Vcd	0 – 1V	1.5 mV	1.5MΩ	2/3
Temp. Producto 2	LM35	-55 a 150 °C	1 °C	-550 a 1500mV	4 – 30Vcd	0 – 1V	1.5 mV	1.5MΩ	3/3
Humedad 1	THR-370/CM	0 a 100%	± 0.2%	4 - 20mA	24Vcd	4 - 20mA	15 µA	100Ω	1/4
Humedad 2	THR-370/CM	0 a 100%	± 0.2%	4 - 20mA	24Vcd	4 - 20mA	15 µA	100Ω	3/4
Humedad 3	THR-370/CM	0 a 100%	± 0.2%	4 - 20mA	24Vcd	4 - 20mA	15 µA	100Ω	5/4
Peso 1	TJH-1	0 a 50N	0.02%	4 - 20mA	24Vcd	4 - 20mA	15 µA	100Ω	0/3
Peso 2	TJH-1	0 a 50N	0.02%	4 - 20mA	24Vcd	4 - 20mA	15 µA	100Ω	1/3
Anemómetro 1	ASP-I-D	0 a 10m/s	± 0.4%	4 - 20mA	24Vcd	4 - 20mA	15 µA	100Ω	6/4
Anemómetro 2	ASP-I-D	0 a 10m/s	± 0.4%	4 - 20mA	24Vcd	4 - 20mA	15 µA	100Ω	7/4

Tabla 10. Configuración de rangos de señal. cFP

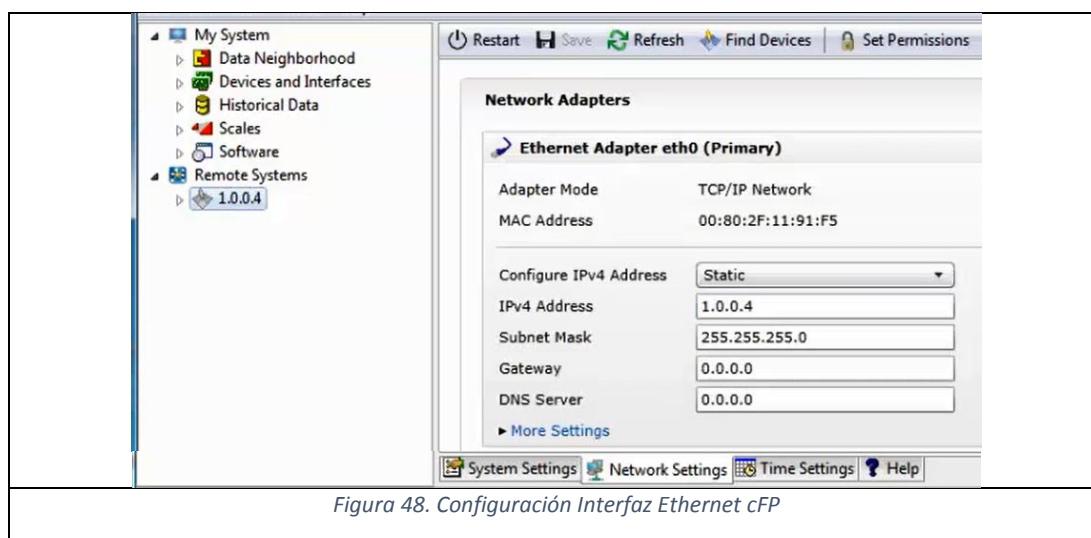


### 3.3 Configuración de Compact Field Point

Como se menciona en el apartado 1.4.2, la función del Compact Field Point es recoger los datos digitalizados por los dos módulos cFP-AI-100, y publicarlos en la red Ethernet. Para ello es necesario configurar en el Compact Field Point las entradas a través de los módulos cFP-AI-100, para posteriormente leerlas.

#### 3.3.1 Configuración Interfaz Ethernet

Como primer paso se configura la interfaz Ethernet del Compact Field Point, con una IP prevista en el punto 2.6.2. Para ello se resetea el Compact Field Point, colocando los DIP Switches 6, 7 y 8 en Off, el resto en On, y se presiona Reset Switchch (Figura 8). Una vez reseteado el hardware, se procede a ingresar al Software NI MAX, que se instala adjunto al Software de LabView. Se configura la nueva IP, ingresando en Remote Systems como se indica en la Figura 48.



Luego de completar lo indicado y como paso final se ubican en off todos los DIP Switches y se presiona nuevamente Reset Switchch según Figura 8. Se recomienda antes de realizar esta configuración desactivar el Firewall de Windows.

#### 3.3.2 Configuración de módulos de Conexión

Al presionar la pestaña Find Devices de la Figura 48, se despliega una ventana emergente FP@1\_0\_0\_4, en la que damos Ok para confirmando al dispositivo, con todos los módulos

que se encuentran conectados. La conexión de módulos al Compact Field Point se muestra en la Figura 49.

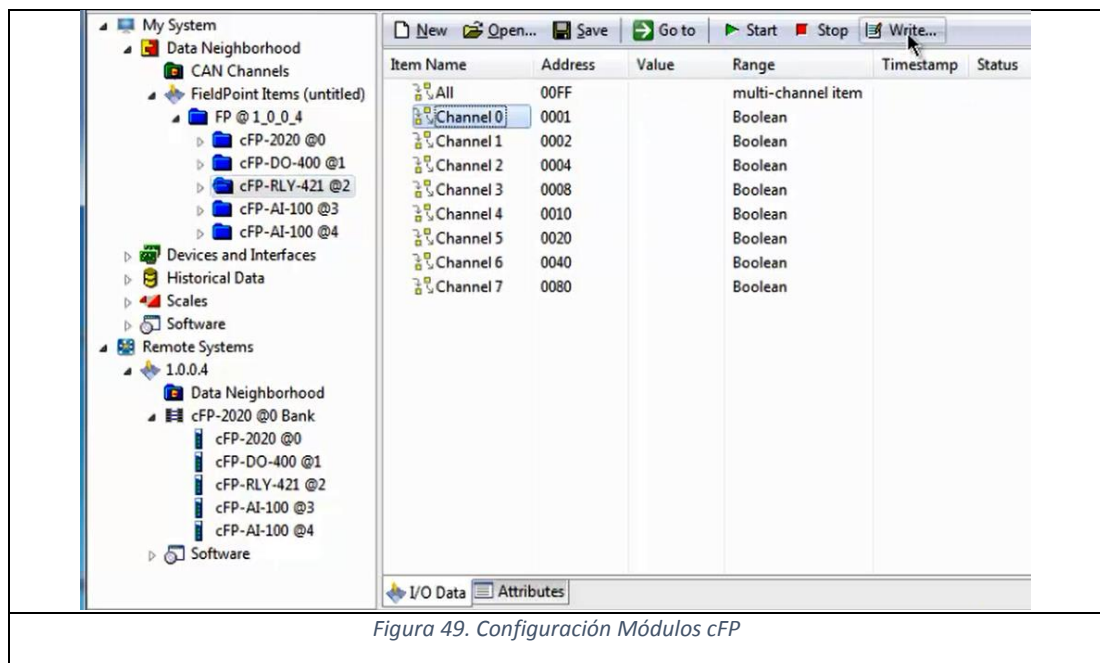


Figura 49. Configuración Módulos cFP

Para vincular los módulos y sus canales al proyecto de LabView, se presiona click derecho sobre la raíz del proyecto y se selecciona “NEW/Target and Devices”. En la pestaña emergente se selecciona “Specify a target or device by IP address”, se ingresa la IP 1.0.0.4 y se selecciona el Filed Point “cFP-2200”. Se muestra en la Figura 50.

Una vez que se ha vinculado el Compact Field point y sus módulos al proyecto de LabView, se procede a configurar los rangos de corriente y voltaje de entrada de los módulos. Esto se realiza presionando click derecho sobre “FP Target (1.0.0.4)” y se selecciona “NEW/Target and Device”. En la ventana emergente que despliega se selecciona los módulos cFP. Seleccionando cFP-AI-100 y presionando click derecho, se selecciona “Propierties”, y se procede a configurar cada canal acorde a la Tabla 10. La configuración referida se muestra en la Figura 51.

Para vincular los canales de los módulos cFP al VI donde se desarrolla la programación se despliega el módulo desde la ventana del proyecto hasta mostrar sus canales, y se arrastra cada canal al diagrama de bloques del VI.

Con la configuración se comunica las señales de los sensores a la programación de LabView.

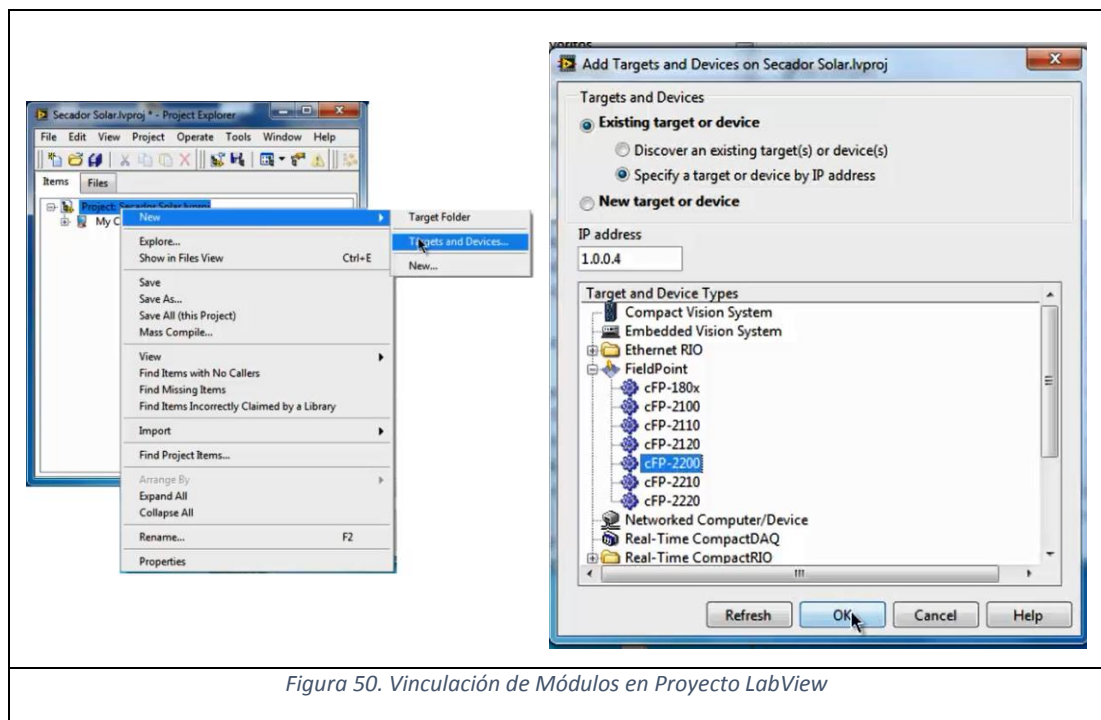


Figura 50. Vinculación de Módulos en Proyecto LabView

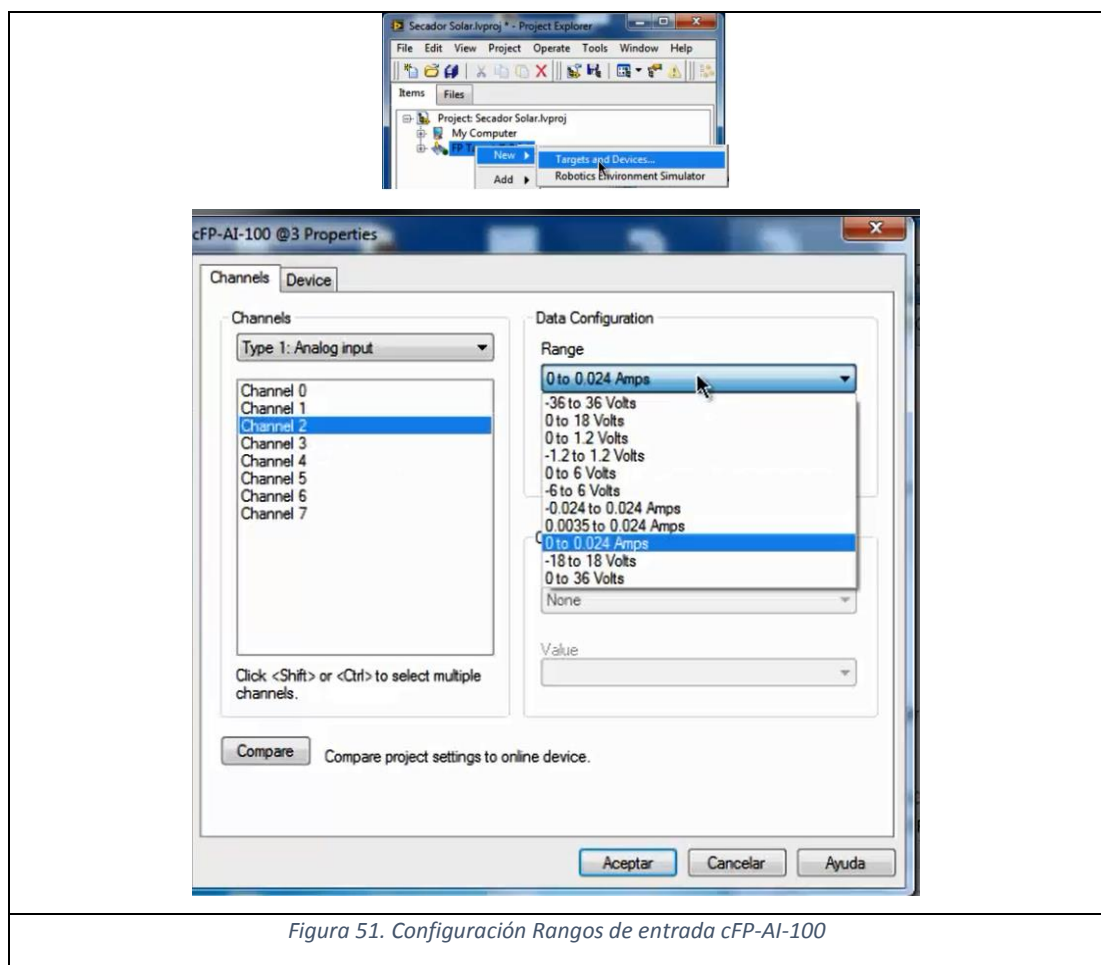
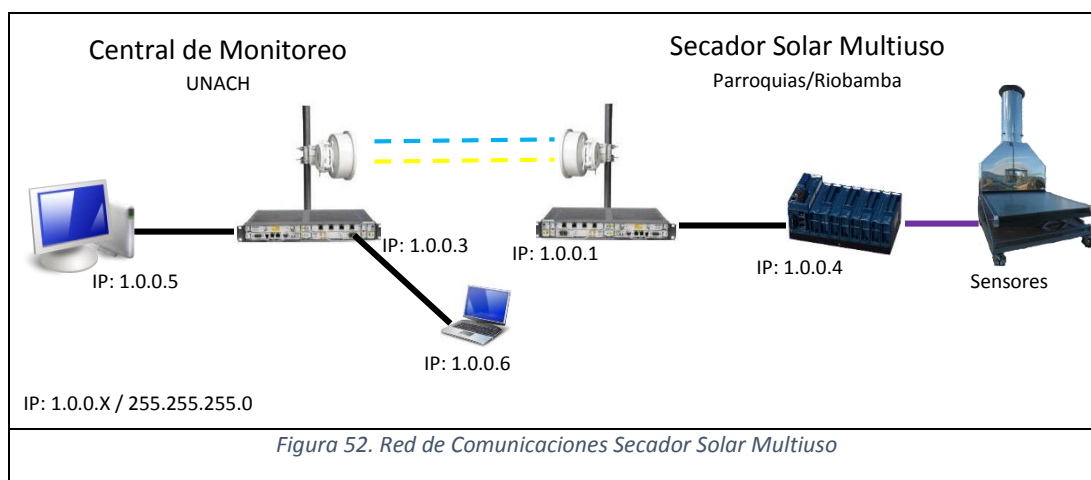


Figura 51. Configuración Rangos de entrada cFP-AI-100

### 3.4 Red de Comunicación Secador Solar Multiuso.

En esta sección se presenta la red de datos que comunica las señales recogidas por los sensores instalados en el secador solar, hasta llegar al computador ubicado en la central de monitoreo. La red está diseñada en función de establecer conectividad al sistema tanto para pruebas dentro de la UNACH como fuera de ella, es decir en las parroquias del cantón Riobamba.



El enlace de microondas está configurado para que a través de su interfaz LAN-1 proporcione comunicación transparente, entre el computador de la central de monitoreo y el Compact Field Point. Las direcciones IP asociadas a los radios de microondas y a la Laptop de la Figura 52, sirven para ingresar a la gestión de los radios de microondas. En los apartados 2.6.3 y 2.7 se analizan las características del enlace de microondas hacia las parroquias del cantón Riobamba, obteniendo en la Tabla 8 el resumen de los resultados de cada enlace.

Para el funcionamiento del sistema dentro de las instalaciones de la UNACH, de la Figura 52 se retira el enlace de microondas y se establece una conexión directa entre el computador de la central de monitoreo y el Compact Field Point.

Las señales registradas de los sensores son guardadas en la computadora de la central de monitoreo, a través del software de Registro y adquisidor de datos desarrollada específicamente para el proyecto y que se detalla a continuación. Cabe recalcar que la software de procesamiento estadístico de datos, recoge los datos para el análisis del disco

duro del computador de la central de monitoreo. Los dos softwares mencionados se instalan en la computadora de monitoreo.

### **3.5 Programación de registro de datos en LabView**

En el apartado 2.3 se determinó el diseño del sistema de adquisición y registro de datos. En función de ellos se realizó la programación en LabView.

El programa básicamente recoge periódicamente señales desde los sensores a través de los módulos del Compact Field Point; cada medición es guardada en un fichero *comma-separated values* ("csv" o archivo de valores separados por comas analizado en el punto 2.3.3), en un lugar determinado del disco duro. El proceso implementado en el software de adquisición y registro de datos es el siguiente:

1. Crea o reconoce el nombre del archivo donde almacenará la información. El nombre del archivo puede ser cualquiera, pero el programa completa el nombre escribiendo al final "- PSS.csv".
2. Si el nombre del archivo existe procede a abrir, caso contrario crea el archivo.
3. Si el archivo no existe procede a crear la cabecera o primera fila, en la que escribe el nombre de cada una de las variables indicadas en el apartado 2.3.3. Si existe el archivo, determina la ubicación de la última fila, a partir de la cual escribiré los nuevos datos.
4. El programa ingresa en un SubVI, es decir a un sub programa denominado "Sensores", mismo que sirve para ingresar a las tarjetas de Compact Field Point y extraer los datos a través de los canales destinados para cada sensor (3.3.2), como se indica en la Tabla 10. Como las señales de los sensores son de corriente o voltaje, son convertidas a parámetros de temperatura, humedad relativa, velocidad del viento, peso, según las ecuaciones descritas en el apartado 2.2. Este SubVI entrega los datos de los sensores al programa principal.
5. Los datos son ordenados en una sola fila de acuerdo al proceso 3, y son almacenados en el archivo "-PSS.csv". Luego de esta acción el archivo es cerrado por el programa.
6. Las señales de los sensores son visualizados en gráficas conjuntas de acuerdo al parámetro, así como también en una tabla.

7. Finalmente el programa empieza una pausa del valor determinada en el apartado 2.3.2, hasta regresar al proceso 1. El programa pasa la mayor parte del tiempo realizando esta acción, misma que puede ser detenida por el operador en cualquier instante de tiempo.

En la Figura 53 se indica la programación realizada para la adquisición y registro de datos del secador solar multiuso. Como se aprecia en el programa desarrollado en LabView, los procesos descritos anteriormente se encuentran expresado en el programa a través de estructura “Flat Sequence”. A su vez toda la programación está encerrado en uan estructura “Wile Loop”, que se detiene solo cuando el operador presiona el botón “STOP”. El “Wile Loop” se repite con lapsos programados en la última etapa de la secuencia.

En la Figura 54 se indican la estructura de caso por “Verdadero” que está ubicada en la tercera secuencia. La Figura 54 indica el nombre de cada columna que se escribe en la cabecera de la tabla que se escribe en el archivo “csv”.

En la Figura 55 se indica el Sub VI o sub programa “Sensores” que esta adherido al programa principal; su función es enlaza las tarjetas del Compat Field Point con sus canales hasta la programación de LabView. Las señales son ingresadas hasta un “Formula Node” donde son procesadas a través de las ecuaciones descritas en el apartado 2.2 .

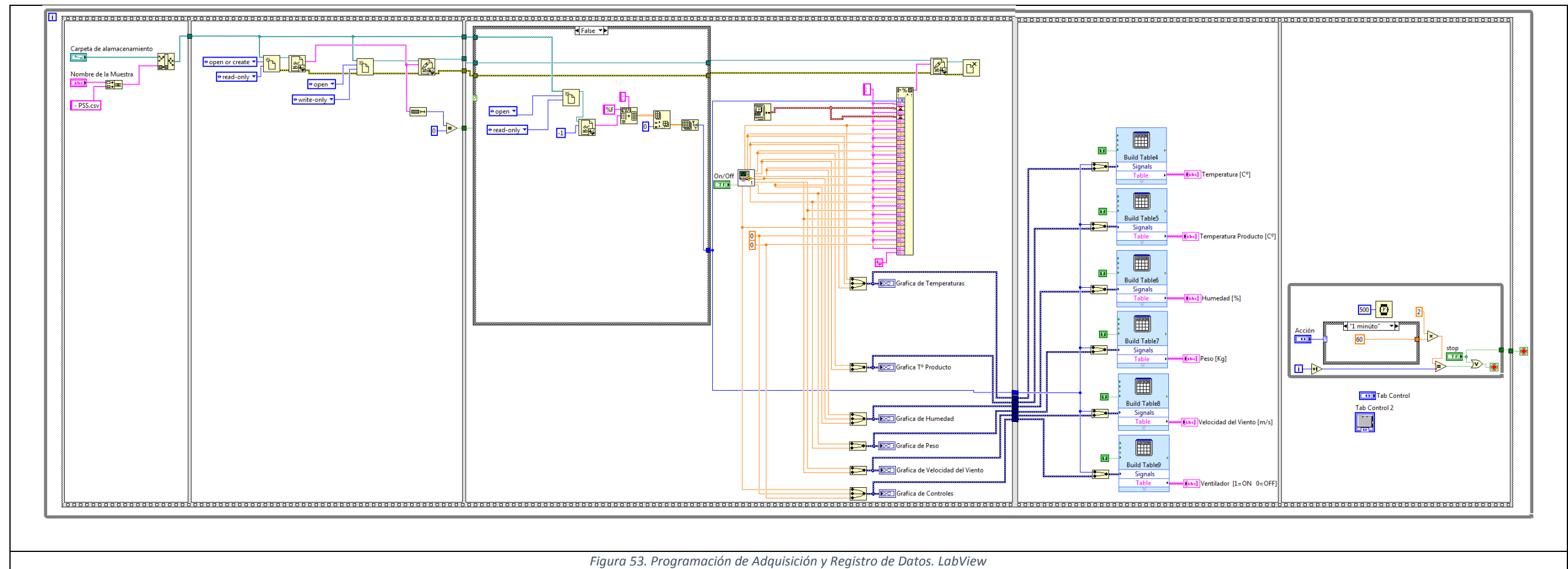


Figura 53. Programación de Adquisición y Registro de Datos. LabView



Figura 54. Estructura de caso “Verdadero” del Programa Principal

Figura 55. Sensores - SubVI. LabView

### 3.6 Programación de análisis estadístico de datos en LabView

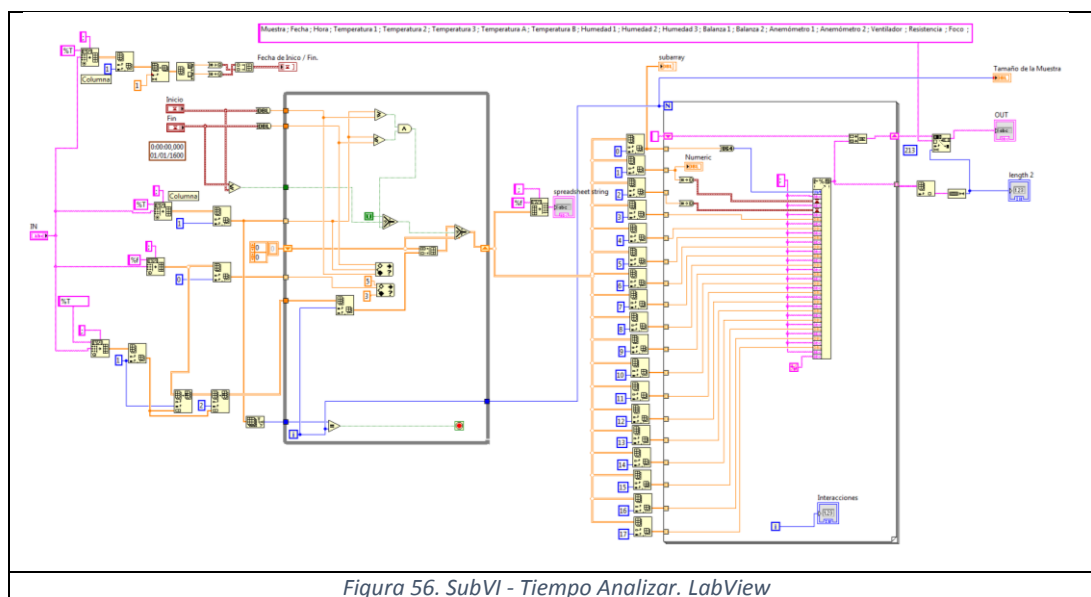
La programación se realizó en base a lo analizado en el apartado 2.4 de este documento, y resumido en la Figura 28. Los datos a ser procesado se encuentran en el disco duro del computador de la central de monitoreo, y son suministrados por el programa de registro y adquisición de datos descrito en el apartado 3.5. La programación se realiza en el software LabView (Figura 57). A continuación se detalla el proceso de programación:

#### 3.6.1 Acceder a datos

Se programa de tal forma que el operario pueda indicar el lugar donde se halla el archivo que contiene los datos hacer analizados. Esta es la primera operación que realiza el programa y su función es solo leer el archivo “csv”.

#### 3.6.2 Extraer los datos en determinadas fechas y horas.

Luego que el programa accede a los datos del archivo csv, procede a extraer todo el lote de datos, o a su vez una parte de ellos dependiendo del análisis que requiera el investigador. Está selección se puede realizar en función del tiempo, es decir filtrar datos por rango de horas y fechas. Esta opción ayuda al investigador a seleccionar por ejemplo horas al medio día en determinadas fechas. Esta operación se realiza en un SubVI “Tiempo Analizar” mostrada en la Figura 56, y tiene como entrada todo el lote de datos, y los rangos de análisis; dando como salida o resultado el grupo de datos de interés.





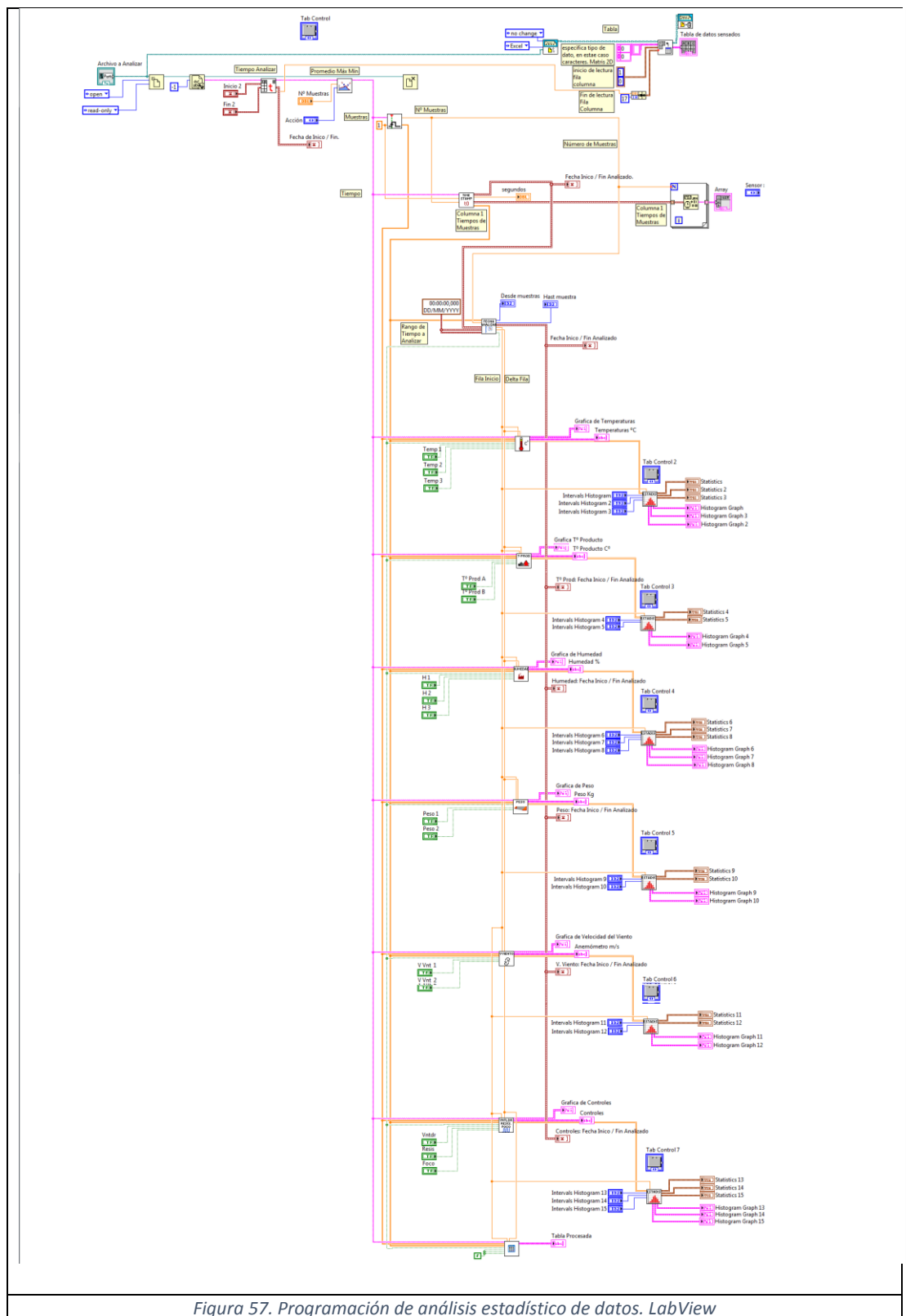
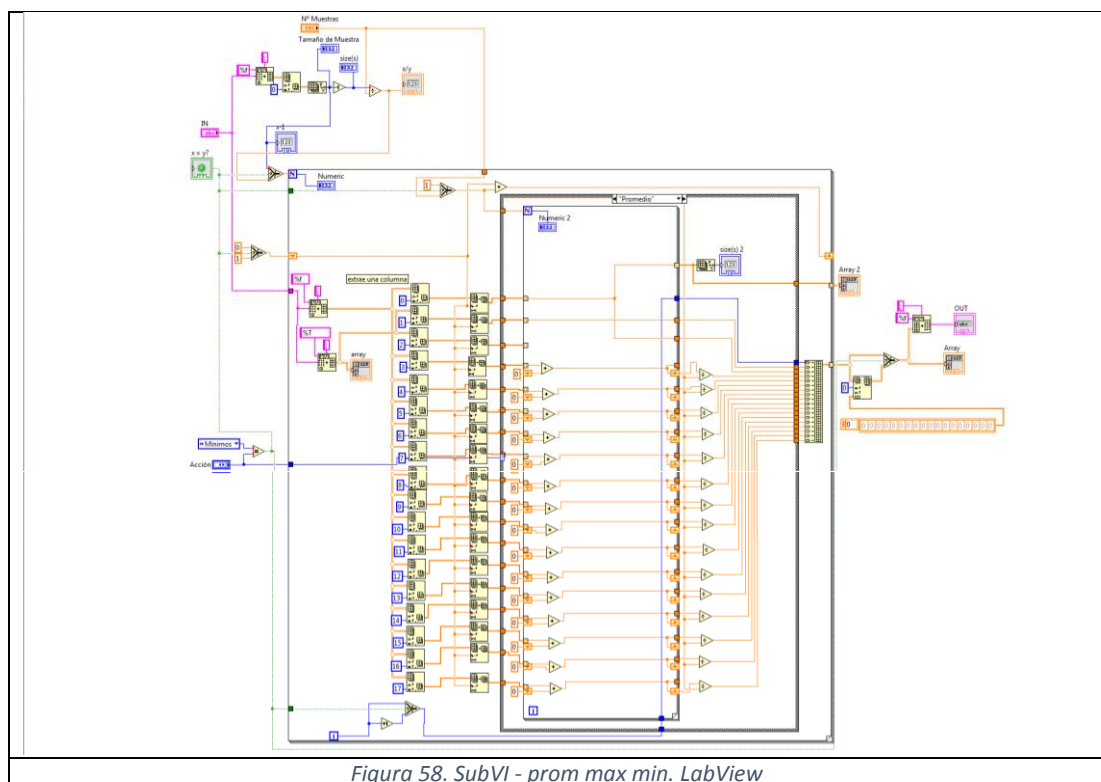


Figura 57. Programación de análisis estadístico de datos. LabView

### 3.6.3 Agrupar o no Datos

Con el lote de datos que entrega el SubVI “Tiempo Analizar”, el investigador tiene la opción de agrupar muestras con el objetivo de generar un nuevo lote de datos más pequeño, para facilitar su análisis. El resultado de este proceso puede ser un lote de datos de promedios, máximos o mínimo. Esta acción se logra en el SubVI “Promedio Máx Min” que se muestra en la Figura 58, y tiene como entradas el lote de datos que entrega el SubVI “Tiempo Analizar”, el número de muestras a agrupar y la acción a realizar, es decir promedios, máximos o mínimos; y como salida de este proceso se obtiene un lote de datos procesado. Este proceso también tiene la opción de no realizar ninguna acción, por lo que los datos de entrada serían igual a los de salida.



### 3.6.4 Extraer datos de parámetros

Esta acción se realiza para extraer del lote total de datos, los datos individuales de temperatura, humedad relativa, peso y velocidad de viento; y a su vez agruparlos para mostrarlos en columnas o gráficas adjuntas, de tal forma que permitan un mejor análisis de los datos. Esta acción es realizada en varios SubVI como Temperatura, Temp Producto, Humedad, Peso, V Viento y Controles. Todos se basan principalmente en el SubVI que se muestra en la Figura 59 donde se tiene como entrada el lote de datos entregado por el SubVI

“promedio max min”, fila de inicio, delta filas a analizar, número de muestras, columna de muestras; y como salida de este proceso se tiene un arreglo de datos de parámetros similares como temperatura, temperatura del producto, humedad relativa, peso del producto, velocidad del viento y control, así también salidas para visualizar en una tabla y gráfica.

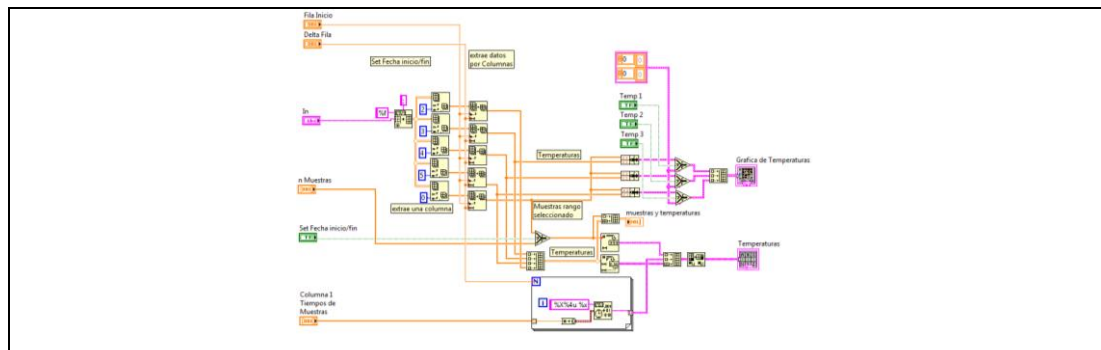


Figura 59. Grupo de datos de parámetros similares. LabView

### 3.6.5 Cálculos estadísticos.

Una vez que se tiene el arreglo de datos del SubVI “promedio max min”, estos datos son ingresados al SubVI “Estadísticas” (), donde se realiza el cálculo de Desviación Estándar, varianza, mediana, moda, media aritmética, punto máximo, punto mínimo, rango de datos, e histograma. Este cálculo se realiza de forma individual para cada lote de datos del sensor; es decir de 3 sensores de temperatura, 2 sensores de temperatura del producto, 3 sensores humedad relativa, 2 sensores de peso del producto y 2 sensores de velocidad del viento.

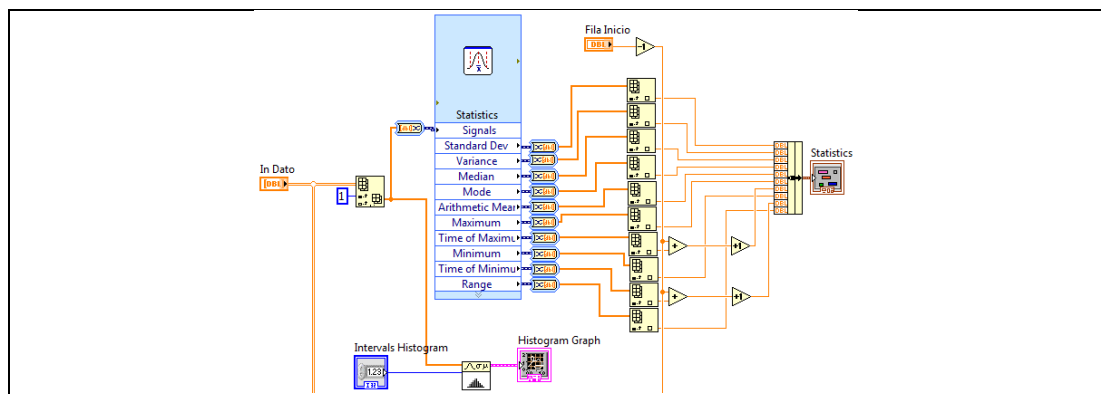


Figura 60. SubVI - Estadística. LabView

Además del arreglo de datos para completar este proceso es necesario especificar el intervalo del histograma. Como salida se tiene una gráfica de histograma y un cluster que contiene todos los cálculos referidos.

### 3.6.6 Visualizar resultados

Los resultados de los datos analizados son visualizados en tablas, gráficas, paneles e histogramas, en grupos de parámetros como de temperatura, temperatura del producto, humedad relativa, peso del producto y velocidad del viento. Esto se indica con más detalle en el punto 3.7.

## 3.7 Implementación de Interfaz Hombre Máquina

La interfaz gráfica se desarrolló de acuerdo a los lineamientos de diseño descritos en el apartado 2.5 de este documento. Las interfaces se describen a continuación para cada programa desarrollado.

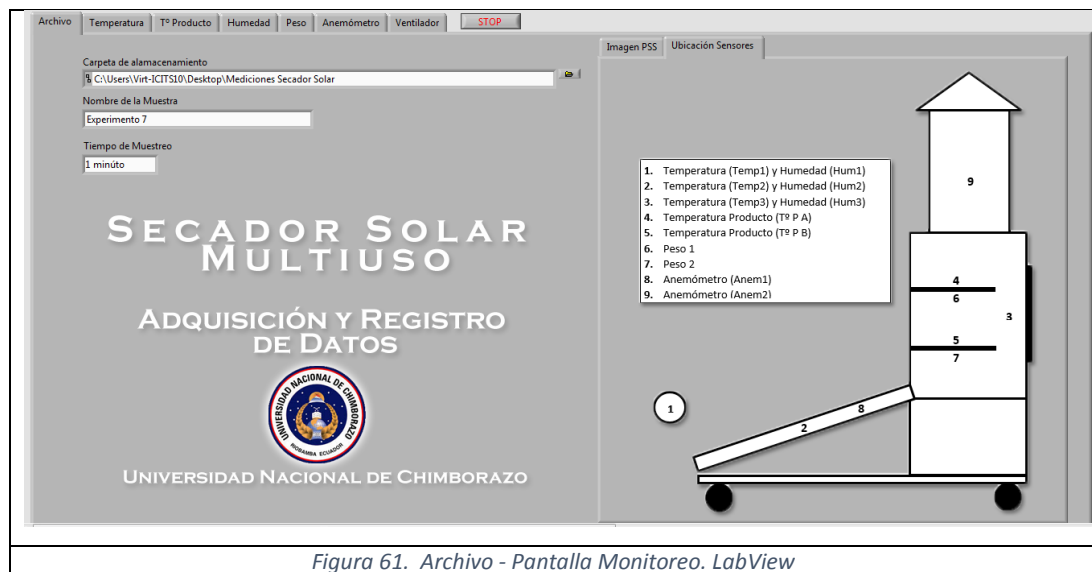
### 3.7.1 Interfaz de usuario en programa de monitoreo

De acuerdo a lo previsto en el apartado 2.5.1 y resumido en la Figura 29, se implementó la interfaz gráfica para la adquisición y registro de datos provenientes de los sensores del secador solar multiusuario.

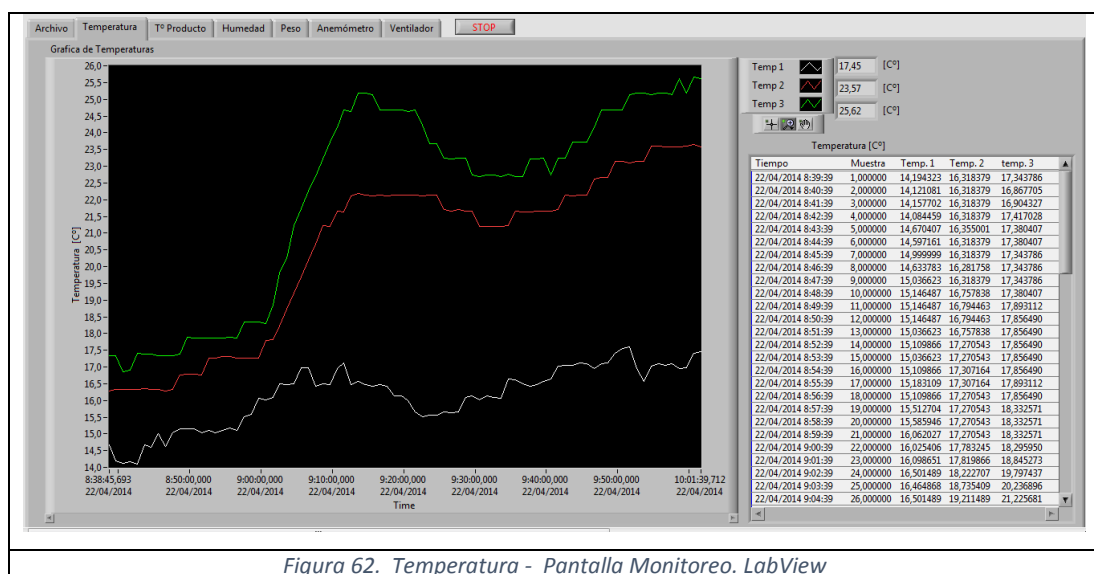
Se implementó de tal forma que la interfaz sea funcional, amigable e intuitiva para el usuario. Gracias a las herramientas que dispone el software LabView el diseño se basa en varias pestañas, repartidas de manera que la exploración por los distintos parámetros adquiridos sea rápida. En cada pestaña se despliega gráficas en función del tiempo y una tabla donde se indican los valores de las medidas adquiridas.

El nombre, orden y la función de las pantallas se indican a continuación:

- a) **Archivo.-** Es la pantalla inicial donde se configuran los parámetros previos antes de empezar con la adquisición de datos. Los parámetros a configurar son: lugar de la carpeta en la que se almacenará la información, el nombre del archivo que contendrá los datos adquiridos, y tiempos de muestreo. Así también dentro de esta pantalla se encuentran dos pestañas en las que se muestra una fotografía del secador solar y la ubicación de los sensores en el secador solar multiusuario. Figura 61.



b) **Temperatura.-** En esta pantalla se exponen los datos adquiridos de temperatura de los sensores ubicados en los puntos 1, 2 y 3 de la Figura 17. En la gráfica de temperatura en función del tiempo se indican los valores de las tres temperaturas, con el objetivo de que el usuario pueda comparar las mediciones. Así también se agregó una paleta de herramientas para manipular las gráficas tanto en el eje Y como en el X, o ambas al mismo tiempo, lo que permite hacer un zoom de la gráfica. Las temperaturas individuales se distinguen por el color de las trazas de las gráficas y se indica su nombre adjunto a un indicador numérico que muestra la temperatura instantánea. Figura 62.



Así también se indica a través de una tabla los valores de las temperaturas, en conjunto con el tiempo y el número de la muestra.

c) **Tº Producto.-** En esta pantalla se exponen datos de los sensores de temperatura ubicados en los puntos 4 y 5 de la Figura 17, es decir de la temperatura del producto a secar. A través de la gráfica de temperatura en función del tiempo se pueden apreciar las trazas de cada sensor de temperatura, mismas que están etiquetadas y adjuntas a un indicador numérico de temperatura instantánea. Al igual que en el inciso anterior se agregó una paleta de herramientas de la gráfica. Así también se tiene una tabla que indica el tiempo de la muestra, el número de la muestra y los valores de temperatura.

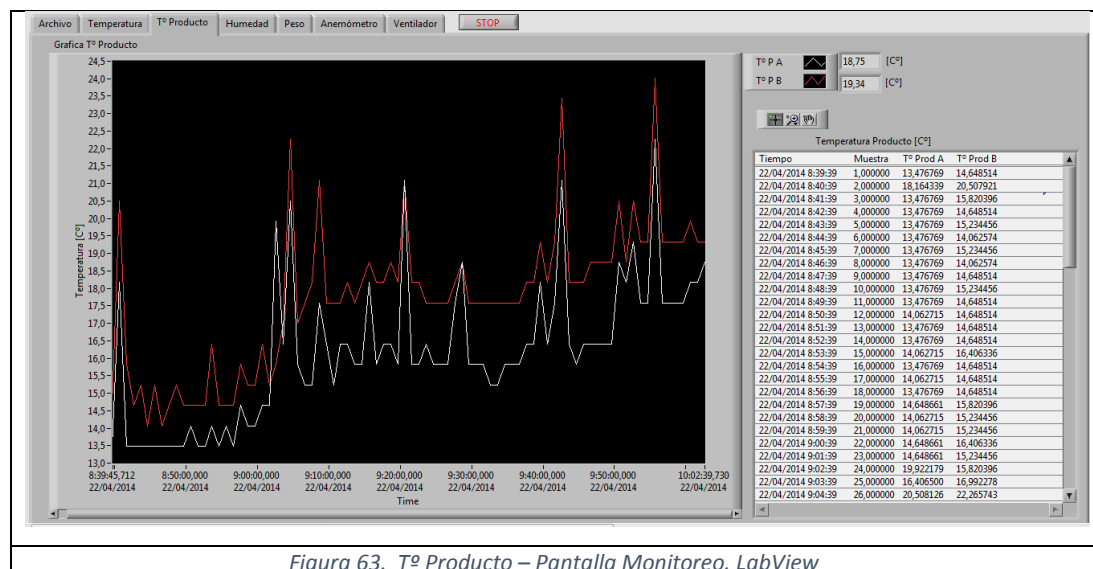


Figura 63. Tº Producto – Pantalla Monitoreo. LabView

d) **Humedad.-** En está pantalla se exponen los sensores ubicados en los puntos 1, 2 y 3 de la Figura 17, es decir del exterior, colector y cámara de secado. Las trazas en la gráfica de humedad relativa en función del tiempo, indican de forma individual las señales recogidas por los sensores correspondientes. Las trazas se encuentran etiquetadas adjuntas a un indicador numérico de humedad relativa instantánea. Se agrega una paleta de herramientas para la gráfica. La tabla indica el valor del tiempo de las muestras, el número de la muestra y los valores de humedad relativa de los tres sensores. Figura 64

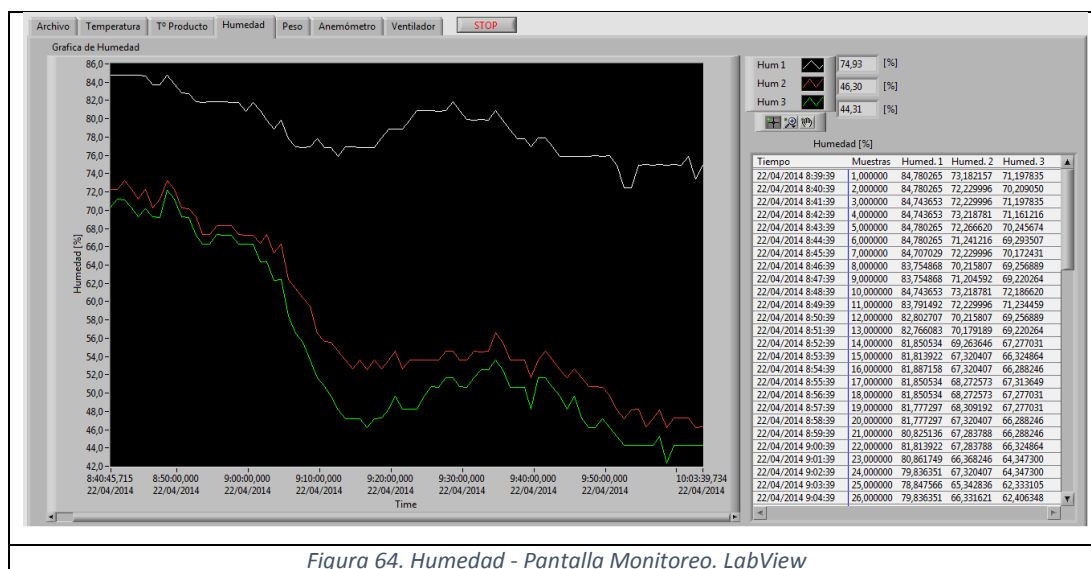


Figura 64. Humedad - Pantalla Monitoreo. LabView

e) **Peso.-** En esta pantalla se exponen los datos adquiridos por las balanzas ubicadas en los puntos 6 y 7 de la Figura 17, Las trazas en la gráfica del peso del producto en función del tiempo indican el peso del producto presente en cada bandeja del secador solar. Cada traza se encuentra representada por un color y etiquetado adjunto con un indicador numérico de peso instantáneo. La tabla adjunta indica el tiempo de la muestra, el número de la muestra, y el valor del peso del producto de cada bandeja del secador solar multiuso. Figura 65.

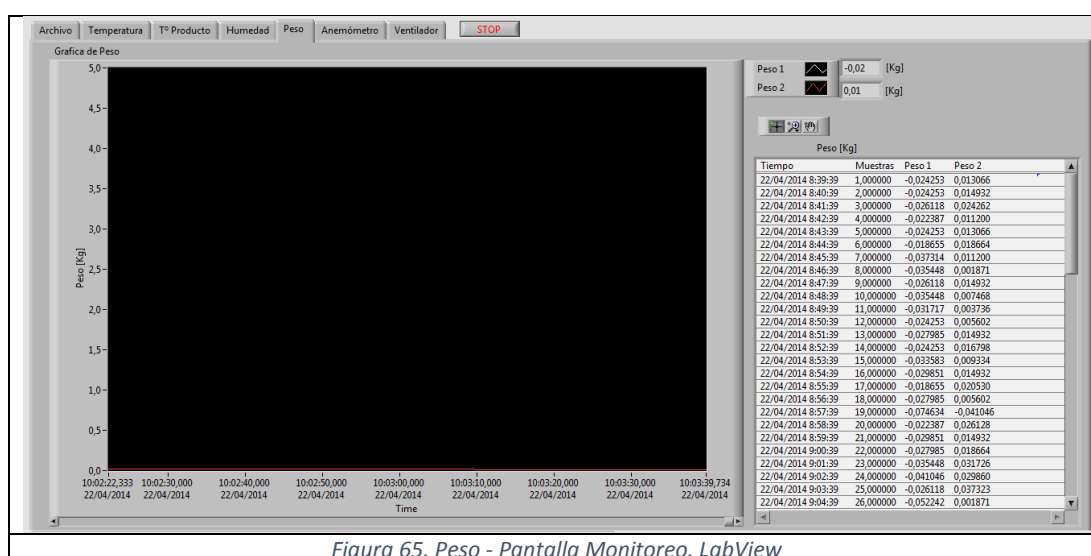
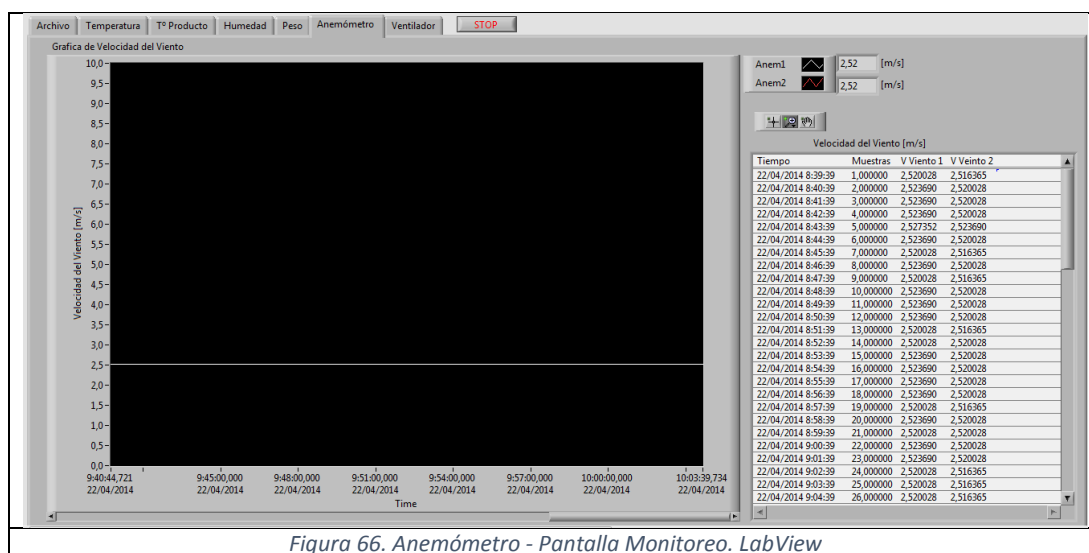


Figura 65. Peso - Pantalla Monitoreo. LabView

f) **Anemómetro.-** En esta pantalla se exponen las señales adquiridas por los sensores ubicados en los puntos 8 y 9 de la Figura 17, es decir las señales de los sensores de velocidad del viento, ubicados en el colector y la chimenea del secador solar. Las trazas de la gráfica de velocidad del viento en función del tiempo, indican de forma individual las mediciones de cada sensor. Las trazas se encuentran identificados por color y etiquetado adjunto a un indicador numérico de velocidad del viento instantánea. La tabla indica el tiempo de la muestra, el número de la muestra, y el valor de los anemómetros. Figura 66.



g) **Ventilador.-** En la pantalla se expone las acciones de encendido o apagado que se realizan en el ventilador instalado en la chimenea del secador solar multiuso. Para accionar el ventilador se agregó un switch adjunto a la etiqueta de la gráfica, donde el usuario tiene la opción de encendido o apagado del ventilador. Se agregó también la paleta de herramientas para la gráfica, así como también una tabla en la que se indica los valores de tiempo de la muestra, el número de la muestra, y el valor booleano del accionamiento del ventilador (1 / 0). Figura 67.



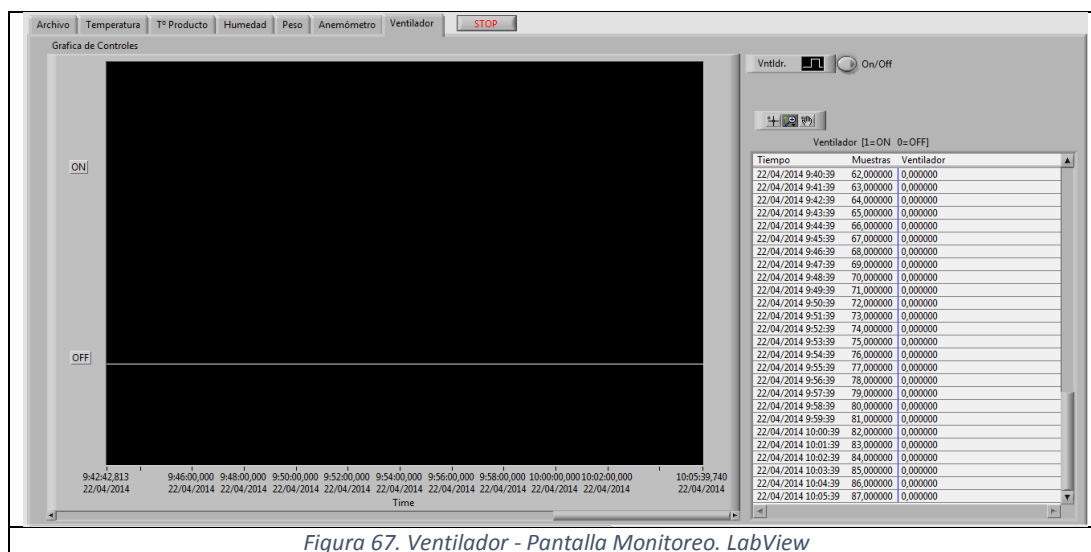


Figura 67. Ventilador - Pantalla Monitoreo. LabView

### 3.7.2 Interfaz de usuario en programa de procesamiento de datos.

La interfaz se desarrolló de acuerdo a los lineamientos de diseño analizados en el apartado 2.5.2 de este documento y se resumen en la Figura 30. La interfaz está diseñada de tal manera que sea funcional, amigable e intuitiva para el usuario. La interfaz consta de una serie de pantallas, en la que el usuario con pocos parámetros puede configurar el programa para realizar un análisis estadístico preliminar de las mediciones recogidas por el sistema de adquisición y registro de datos referido en el apartado 3.5.

A continuación se indican las pantallas implementadas a través del Software Labview:

- a) **Inicio.-** Es la pantalla en la que se indica las etiquetas distintivas del programa y una figura en la que se detallan los sensores y sus posiciones en el secador solar, el nombre de las etiquetas son las mismas que las gráficas que contienen las pantallas posteriores, por lo que la figura se convierte en ayuda de ubicación de sensores. Figura 68
- b) **Archivo.-** En esta pantalla se ingresa la dirección del archivo (csv), que contiene los datos a ser procesados. Una vez que el programa lee el archivo, en un indicador expone la fecha de inicio y fin de todo el lote de datos, así también a través de una tabla general se expone los datos contenidos en todo el lote de datos. Figura 69.

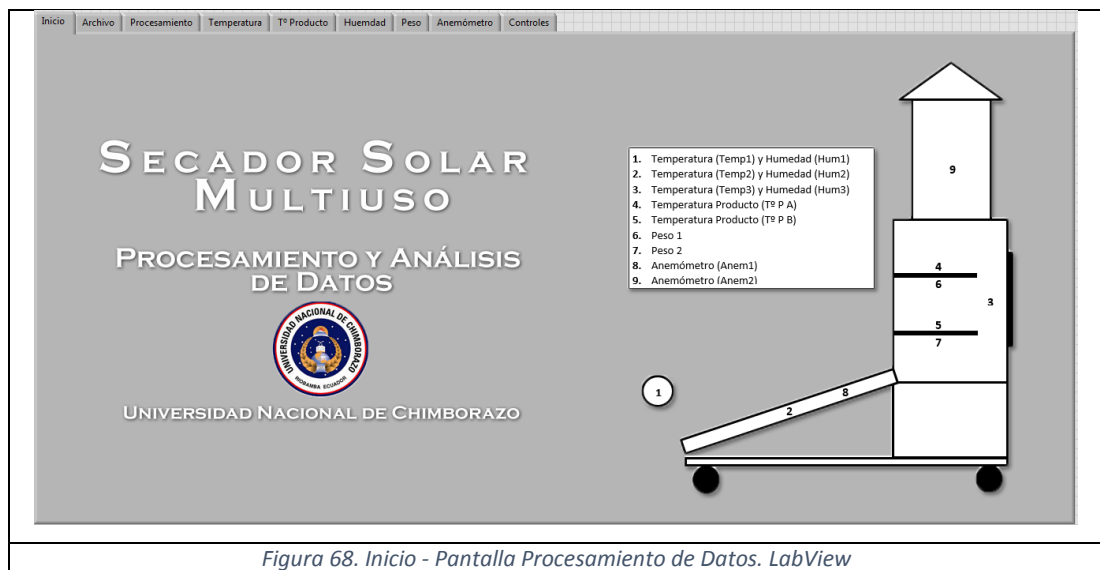


Figura 68. Inicio - Pantalla Procesamiento de Datos. LabView

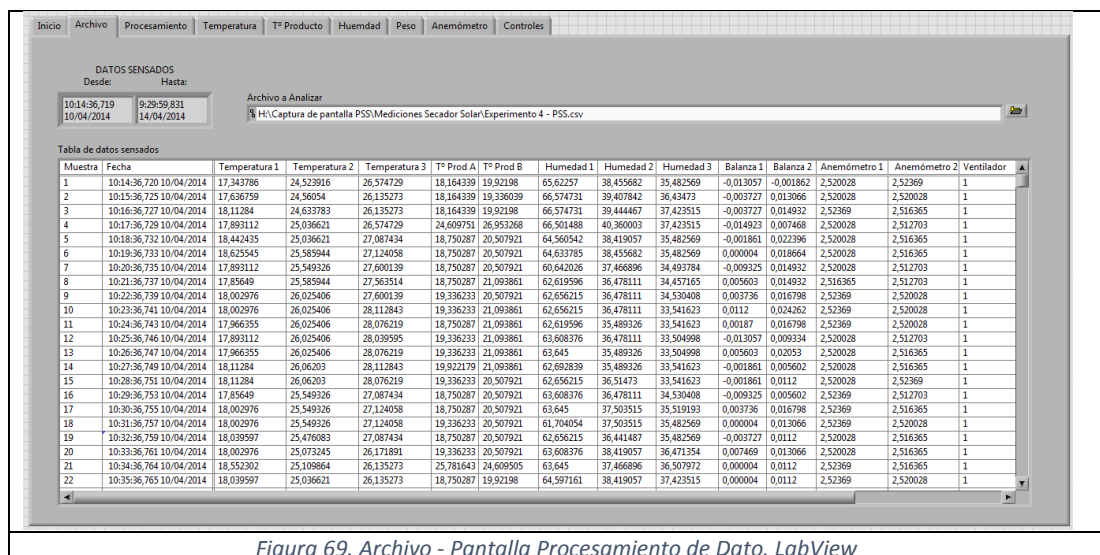
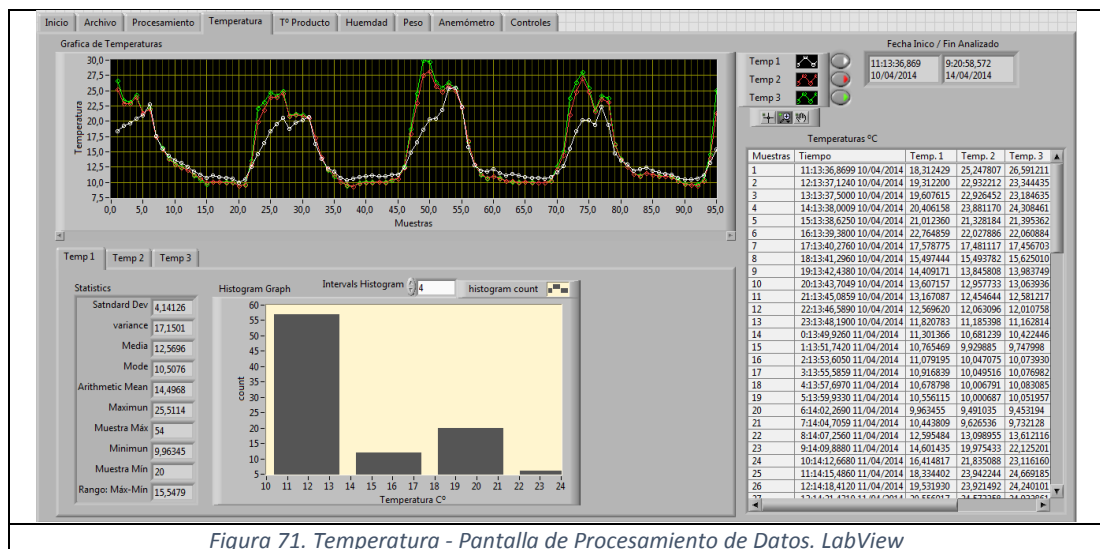
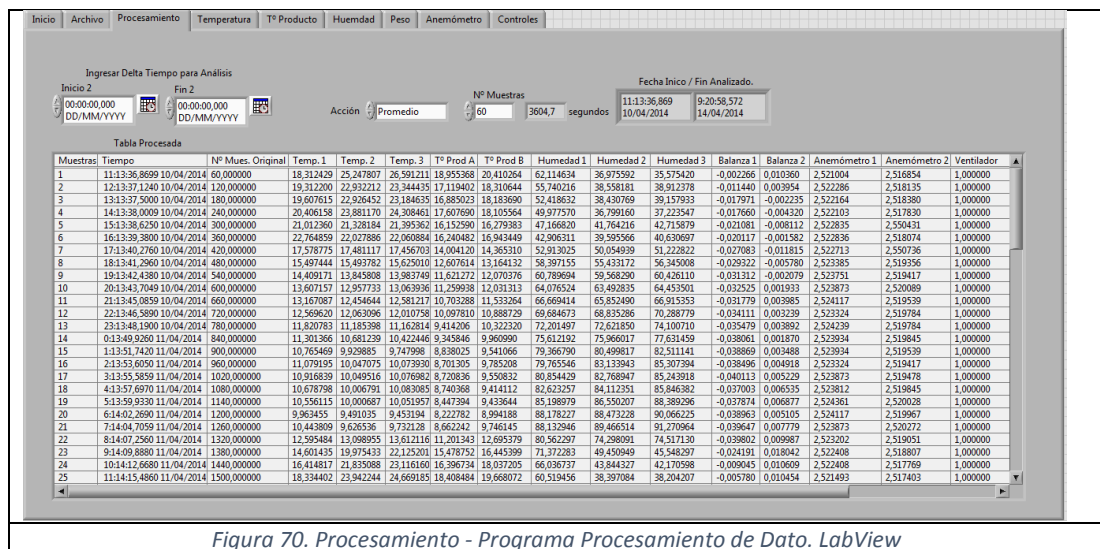


Figura 69. Archivo - Pantalla Procesamiento de Dato. LabView

c) **Procesamiento.-** En esta pantalla se configura los datos a ser analizados por el programa, es decir el rango de fechas y horas, número de muestras agrupadas, y se establece el cálculo de promedio, máximos, mínimos o ninguno, los resultados del cálculo se indican en pantallas posteriores. Si se escoge la opción ninguno, los datos a ser analizados será todo el lote de datos extraído del archivo scv. Figura 70.

d) **Temperatura.-** En esta pantalla se visualizan los datos procesados de los sensores ubicados en la posición 1, 2 y 3 de la Figura 17. los valores que se indican pueden ser o no procesados, dependiendo de la acción seleccionada en la pantalla "Procesamiento". Se agregó una gráfica de temperaturas en función del tiempo con una paleta de

herramientas para mejor visualización de datos; la gráfica contiene 3 trazas, una para cada temperatura respectivamente etiquetada y distinguida por color, y adjunta se ubicó un botón para encender o apagar cada gráfica, además a través de un indicador se expone la fecha y hora de inicio y fin de los datos procesados. En una tabla se expone muestras, tiempos y valores de temperatura de cada sensor. El resultado del cálculo estadístico se visualiza a través de un cuadro resumen denominado “Statistics”, adjunto se encuentra la gráfica de histograma con su respectivo control de intervalos. Los resultados estadísticos se exponen en tres pantallas, uno para cada temperatura. Figura 71



e) **T° Producto.-** En esta pantalla se indican los valores procesados de temperatura del producto ubicados en los puntos 4 y 5 de la Figura 17. Los datos se muestran en dos trazas sobre una gráfica de temperatura en función del tiempo; cada traza representa los datos de temperatura ubicado en cada bandeja de secado del producto del secador solar multiuso. Las trazas están etiquetadas y distinguidas por colores. Así también se agregaron botones para encender o apagar cada gráfica, indicadores de intervalo de tiempo de análisis, y una paleta de herramientas gráficas para una mejor visualización de los datos. En la tabla se exponen las muestras, tiempos, y valores de temperaturas del producto. El resultado de los cálculos estadísticos se exponen en dos ventanas, una por cada temperatura. En estas pantallas se exponen las estadísticas calculadas en un cuadro resumen denominado “Statistics”, adjunto se encuentra la gráfica de histograma con su respectivo control de intervalos. Figura 72.

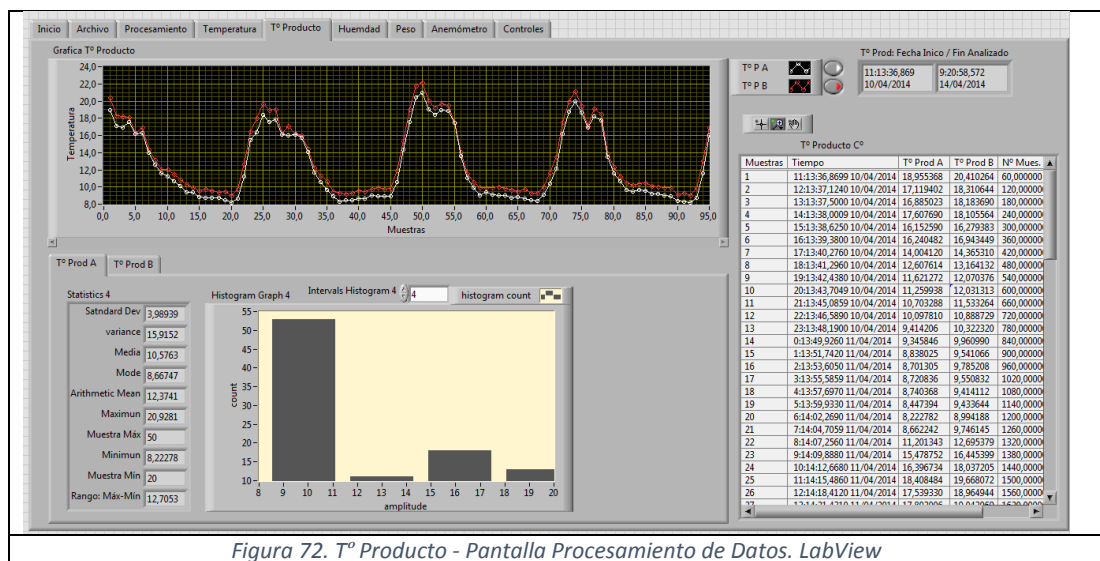


Figura 72. T° Producto - Pantalla Procesamiento de Datos. LabView

f) **Humedad.-** En esta pantalla se exponen los datos procesados de los sensores de humedad ubicados en la posición 1, 2 y 3 de la Figura 17. Los valores son graficados en función del tiempo a través de tres trazas identificadas por colores que representan los datos de humedad relativa de cada sensor. Las trazas están etiquetadas con los nombres de los sensores y adjunto se agregó un botón para encender o apagar cada traza. En la tabla se exponen las muestras, tiempos, y valores de humedad relativa. El resultado de los cálculos estadísticos se exponen en tres ventanas, una por cada sensor de humedad. En estas pantallas se exponen las estadísticas calculadas en un cuadro resumen

denominado “Statistics”, adjunto se encuentra la gráfica de histograma con su respectivo control de intervalos.

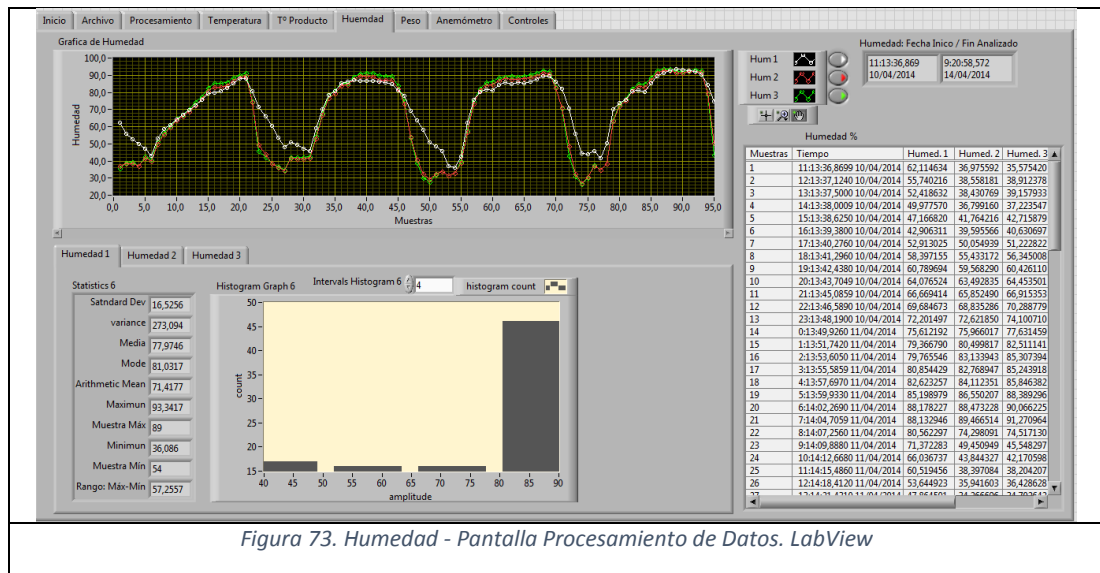


Figura 73. Humedad - Pantalla Procesamiento de Datos. LabView

**g) Peso.-** En esta pantalla se exponen los datos procesados de las balanzas ubicadas en los puntos 6 y 7 de la Figura 17. El peso del producto se expone en dos trazas sobre una gráfica en función del tiempo; las trazas están identificadas por colores y etiquetadas, así también se agregó botones para encender y apagar las trazas. Los valores procesados se exponen en una tabla en la que consta las muestras, tiempos y valores de peso del producto. Los cálculos estadísticos son expuestos en un cuadro resumen, en conjunto con el histograma con su respectivo control de intervalos.

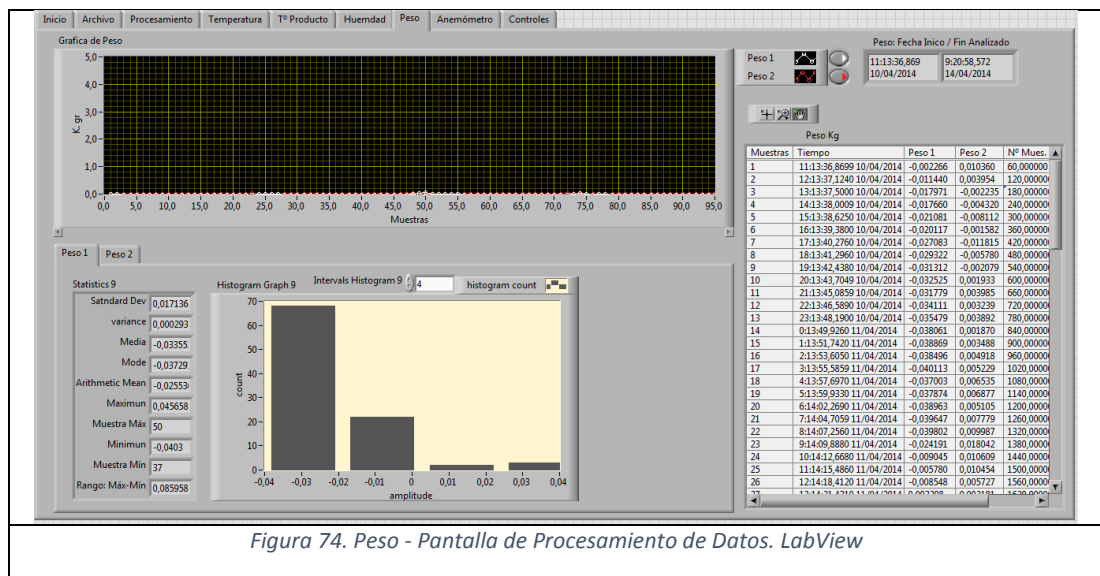


Figura 74. Peso - Pantalla de Procesamiento de Datos. LabView

**h) Anemómetro.-** En esta pantalla se exponen los datos procesados de los anemómetros ubicados en los puntos 8 y 9 de la Figura 17. Los valores son expuestos en dos trazas sobre una gráfica en función del tiempo. Las trazas están etiquetadas y distinguidas por colores, y adjunta se agregó botones para encender y apagar las trazas. En una tabla se exponen las muestras, tiempos, y valores procesados de los anemómetros. Los cálculos estadísticos por cada anemómetro se exponen en un cuadro resumen, así también se indica la gráfica de histograma en conjunto con su control de intervalos. Los resultados estadísticos se muestran en dos pantallas, una para cada medición. Figura 75

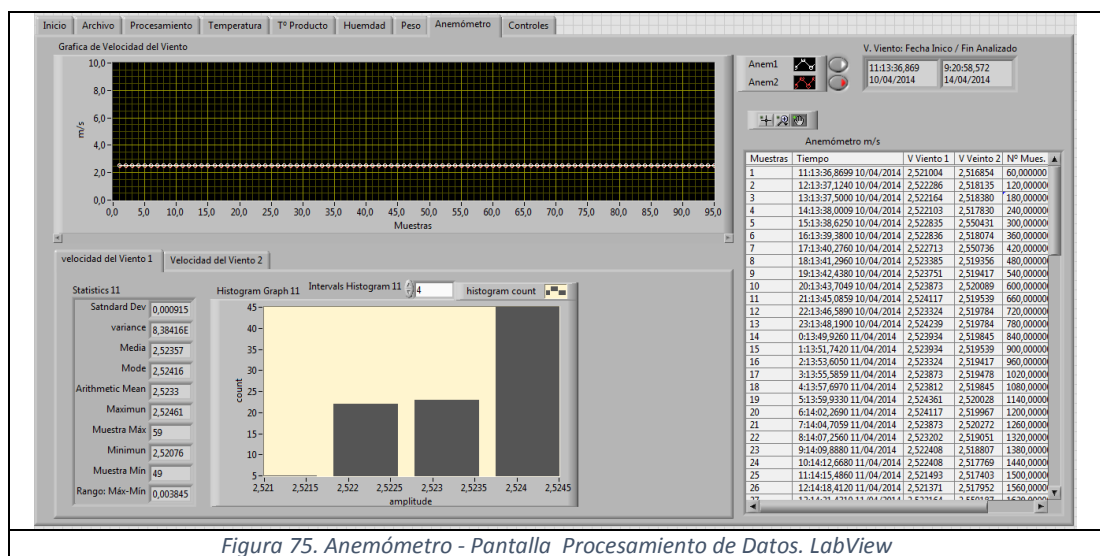


Figura 75. Anemómetro - Pantalla Procesamiento de Datos. LabView

**i) Controles.-** La pantalla expone si el ventilador ubicado en la chimenea del secador solar es encendido o no por el usuario desde el programa de adquisición y registro de dato. Se presenta en una tabla las muestras, tiempos y valor de encendido "1" o apagado "0". Los cálculos estadísticos se presentan en un cuadro resumen, así como la gráfica de histograma con su respectivo control de intervalos. Figura 76.

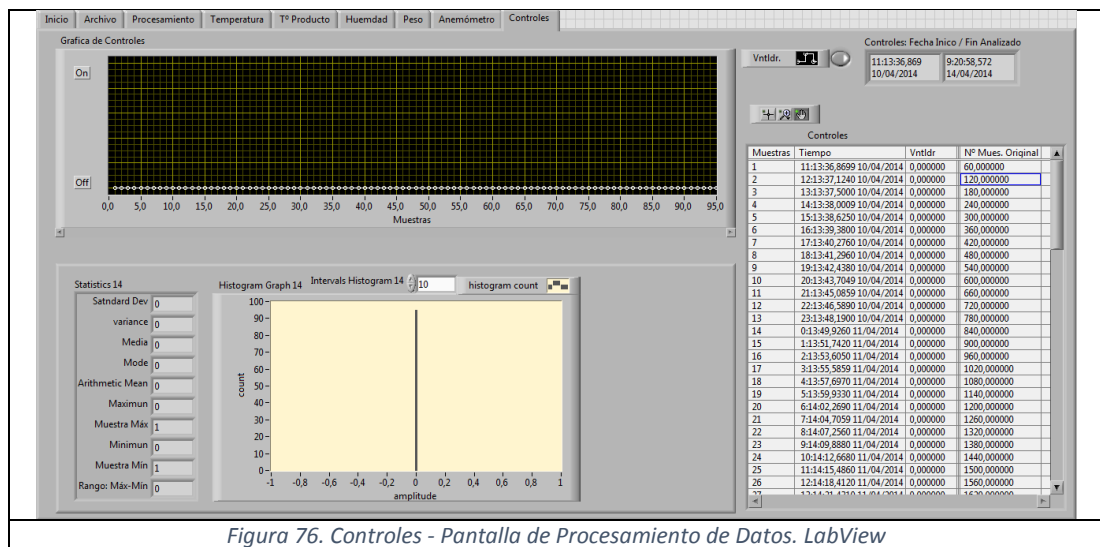


Figura 76. Controles - Pantalla de Procesamiento de Datos. LabView

En todas las gráficas se agregó una paleta de herramientas, para que el usuario pueda manipular los ejes  $X$  y  $Y$ , o realizar un zoom en la zona de interés; con esta herramienta también se pueda manipular la escala de la gráfica.

### 3.8 Pruebas de funcionamiento del sistema.

Las pruebas se realizaron para verificar el buen funcionamiento de todo el sistema del secador solar multiuso; esto incluye sensores con sistema de adquisición de datos, red de comunicación de datos y procesamiento estadístico de datos. Las pruebas fueron realizadas en la Universidad Nacional de Chimborazo, campus "Msc. Edison Riera" Km 1 y  $\frac{1}{2}$  camino a Guano.

#### 3.8.1 Prueba de sensores con sistema de adquisición de datos

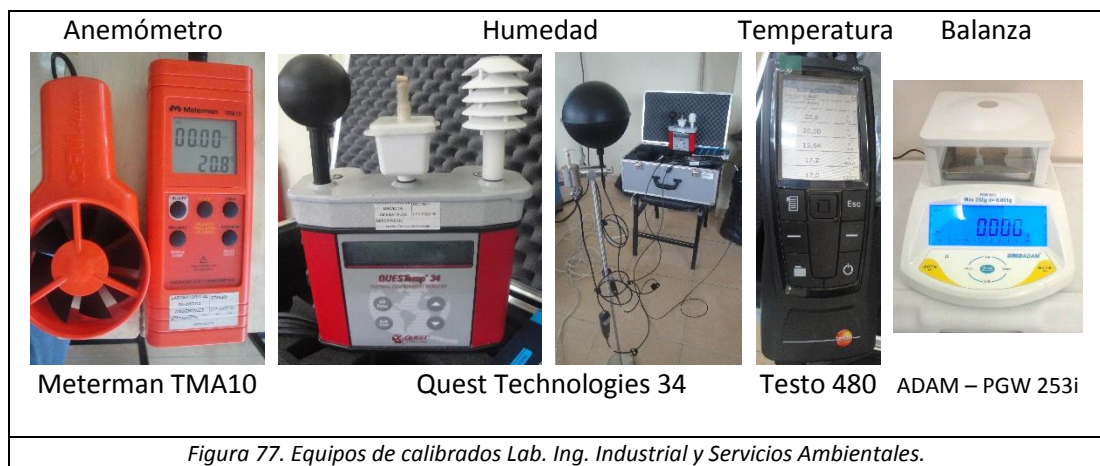
La prueba se realizó para corroborar el buen funcionamiento de los sensores, ya que por ser nuevos el fabricante y proveedor garantiza la calibración y funcionamiento. Las pruebas se realizaron en el laboratorio de Ingeniería Industrial, laboratorio servicios ambientales y Laboratorio de Física de la Universidad Nacional de Chimborazo, con equipos certificados y con mayor resolución de los sensores. Los equipos se indican en la Figura 77.

El procedimiento a seguir fue el siguiente:

1. Equipos y sensores se separan a 10 cm uno del otro.



2. Se enciende equipos de laboratorio y se corre el programa de adquisición y registro de datos indicado en el apartado 3.5 de este documento.
3. Se registran mediciones manualmente cada minuto y compara con datos de tabla de interfaz gráfica de monitoreo (apartado 3.7.1).
4. Se varía magnitud física y se regresa al punto 3.



El procedimiento se realiza para cada sensor, y se induce de forma externa variación en magnitud física (temperatura, humedad, peso y velocidad del viento, dependiendo del sensor) del ambiente donde se realiza las pruebas es decir. Los resultados indican que la desviación de mediciones está dentro de la precisión de cada sensor. Tabla 11.

Magnitud	Equipo de referencia	Sensor	Precisión	En rango
Temperatura	Testo 480	THR-370/CM	$\pm 0.4\%$	✓
	Testo 480	LM35	1 °C	✓
Humedad	Quest Tech <sup>o</sup> 34	THR-370/CM	$\pm 0.2\%$	✓
<b>Peso</b>	ADAM – PGW 253i	TJH-1	0.02%	✓
Anemómetro	Meterman TMA10	ASP-I-D	$\pm 0.4\%$	✓

*Tabla 11. Resultados funcionamiento sensores*

Así también se comprueba el funcionamiento del SubVI “Sensores” (Figura 55.) del programa principal, y la conversión de magnitudes a través de las ecuaciones analizadas en el apartado 2.2.



### 3.8.2 Pruebas de red de comunicación de datos

Se realizó las pruebas con el fin de verificar la conectividad entre el computador de la central de monitoreo, el Compact Field Point, y los radios de microondas (Figura 52). Para ello se realizó el siguiente procedimiento utilizando la interfaz Ethernet de equipos.

1. Se conecta el computador portátil al puerto de gestión de la IDU del radio de microonda (Q3/2 - Puerto Ethernet 10BaseT), se comprueba conexión mediante el protocolo ICMP enviando un paquete de 32 bytes a través del comando ping 1.0.0.1 y ping 1.0.0.3, con respuestas de tiempos aproximados de ida y vuelta de 1ms y 2 ms respectivamente; en ambos casos existe 0% de paquetes perdidos. Figura 78.
2. Verificada la conexión, se ingresa a la gestión del radio microonda vía web con la dirección IP 1.0.0.1. Al tener respuesta, se verifica los parámetros del equipo de microonda configurados en el apartado 2.6.3 de este documento. Se comprueba de igual forma estos parámetros en el radio remoto, es decir el equipo de microonda ubicado en el lado del Compact Filed Point (Figura 52), para ello se ingresa de forma remota autenticándose con usuario "SYSTEM" y contraseña "SIAEMICR". Figura 78.
3. Desde el computador de la central de monitoreo (Figura 52), se verificó la conexión con el Compact Field Point mediante el comando "ping 1.0.0.4", teniendo como respuesta un tiempos aproximados de ida y vuelta de 1ms y con 0% de paquetes perdidos. Figura 79

Las pruebas descritas indican que la red de comunicaciones del secador solar multiuso está en funcionamiento. Se utilizó el software Wireshark desde el computador de monitoreo, para registrar los datos de la red en mención. Figura 80

Los radios de microondas para realizar esta prueba se ubicaron en la terraza del bloque B de la Facultad de Ingeniería, lugar donde se encuentra el secador solar multiuso; y en la terraza del edificio de Ingeniería Industrial, separados ambos por aproximadamente 300mtrs. Figura 81

```
C:\Users\Anibal>ping 1.0.0.1
```

```
Haciendo ping a 1.0.0.1 con 32 bytes de datos:  
Respuesta desde 1.0.0.1: bytes=32 tiempo=1ms TTL=64  
Respuesta desde 1.0.0.1: bytes=32 tiempo=1ms TTL=64  
Respuesta desde 1.0.0.1: bytes=32 tiempo=1ms TTL=64  
Respuesta desde 1.0.0.1: bytes=32 tiempo=1ms TTL=64
```

```
Estadísticas de ping para 1.0.0.1:  
Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0  
(0% perdidos),  
Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:  
Mínimo = 1ms, Máximo = 1ms, Media = 1ms
```

```
C:\Users\Anibal>ping 1.0.0.3
```

```
Haciendo ping a 1.0.0.3 con 32 bytes de datos:  
Respuesta desde 1.0.0.3: bytes=32 tiempo=5ms TTL=64  
Respuesta desde 1.0.0.3: bytes=32 tiempo=1ms TTL=64  
Respuesta desde 1.0.0.3: bytes=32 tiempo=1ms TTL=64  
Respuesta desde 1.0.0.3: bytes=32 tiempo=1ms TTL=64
```

```
Estadísticas de ping para 1.0.0.3:  
Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0  
(0% perdidos),  
Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:  
Mínimo = 1ms, Máximo = 5ms, Media = 2ms
```

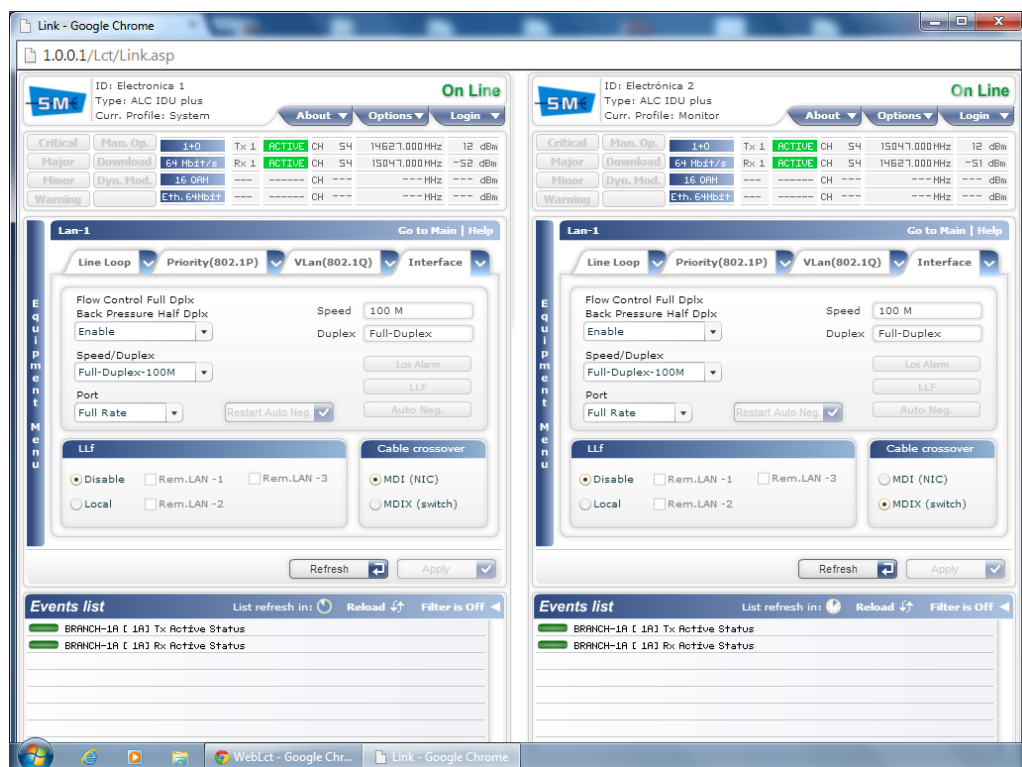
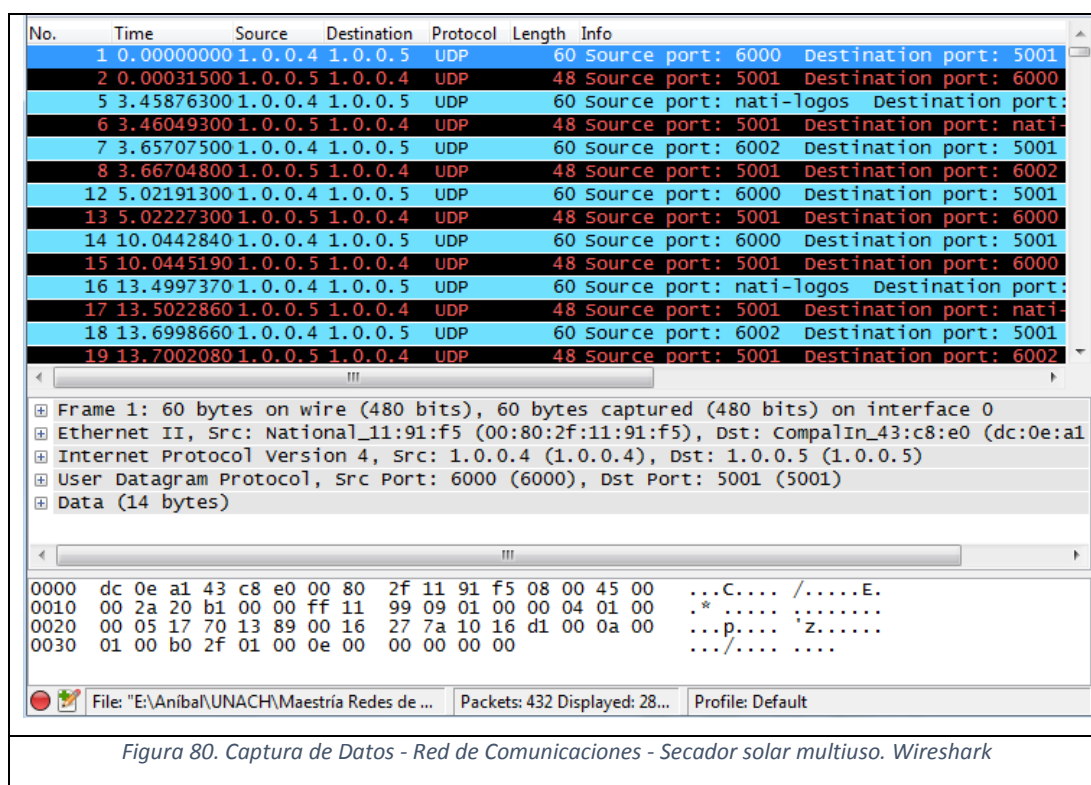
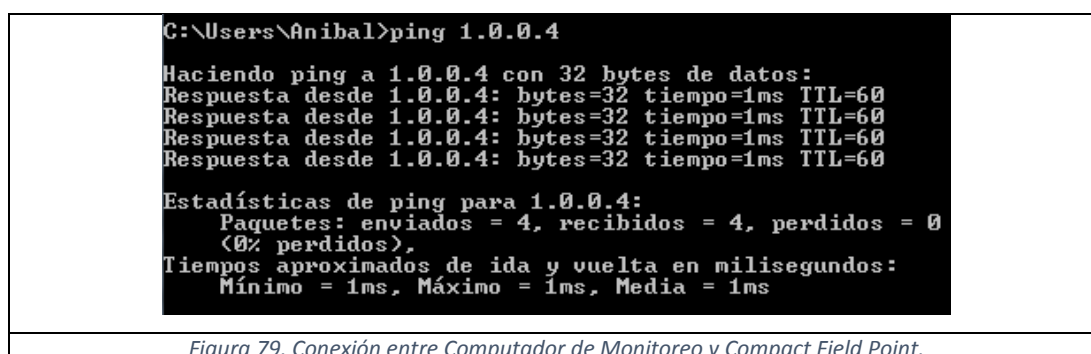


Figura 78. Conexión de radios de Microonda. SIAE Micro





### **3.8.3 Pruebas de programa de procesamiento estadístico de datos**

Estas pruebas se realizaron con el objetivo de validar el programa realizado en LabView de procesamiento estadístico de datos, cuyo objetivo es brindar con rapidez resultados preliminares de los datos adquiridos por el programa de adquisición de datos del secador solar.

Para ello se realizó una comparativa entre los resultados emitidos por el programa descrito en este documento y los resultados utilizando Microsoft Excel con ayuda de las herramientas de estadística descriptiva. Para la prueba se utilizó 5709 muestras registradas por el programa de registro y adquisición de datos descrito en este documento, y contenidas en el archivo “Experimento 4 - PSS”.

Los resultados obtenidos para los datos de Temp1 se muestran en la Figura 82, en la que se puede notar que los resultados son iguales, con aproximación por redondeo al número mayor en la cuarta cifra, en los resultados del programa de “Análisis estadístico de datos” propuesto en este documento. Las pruebas con datos del resto de sensores, dieron resultados iguales.

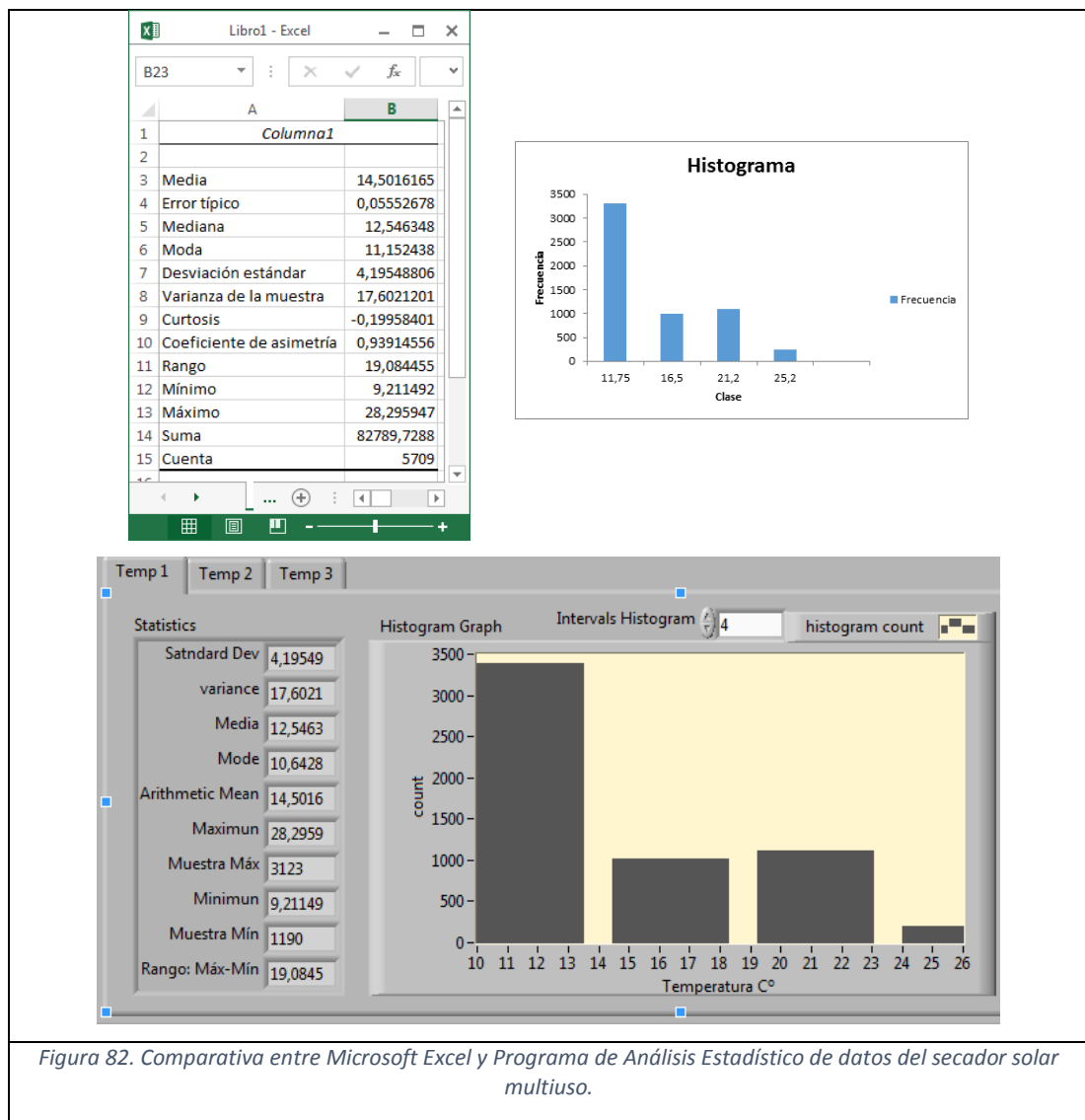


Figura 82. Comparativa entre Microsoft Excel y Programa de Análisis Estadístico de datos del secador solar multiusuario.

### 3.9 Costo del proyecto

El costo del proyecto implementado es de 1950,10 USD, y fue financiado por el Proyecto de Investigación “Diseño de un secador solar multiusuario bajo condiciones físicas y meteorológicas de la ciudad de Riobamba” del Universidad Nacional de Chimborazo. El Compact Feild Point con sus módulos han sido destinados al proyecto, como préstamo por parte del Lab. de Electrónica Básica de la UNACH. El enlace de microondas está en proceso de donación a la UNACH por parte de la empresa DITELPRO como se ha mencionado en puntos anteriores. En la Tabla 12 se detalla el costo de la implementación del proyecto.

Dispositivo	Precio unidad	Nº Unidades	Precio	Observaciones
Compact Field Point y Módulos	-	1	-	Propiedad de Lab. de Electrónica básica – UNACH. Préstamo 2 Años.
THR-370/CM	159,28	3	477,84	Sensor de Temperatura y Humedad
LM35	2,22	2	4,44	Sensor de temperatura
TJH-1	371,95	2	743,90	Célula de carga
ASP-I-D	257,49	2	514,98	Anemómetro
SIAE Micro. ALC plus	-	2	-	IDU / ODU– Equipo de Microondas.
KATHERIN - THP 06	-	2	-	En Proceso de Donación a UNACH.
Computador Monitoreo	-	1	-	Propiedad de oficinas de Proyecto Secador Solar Multiuso.
Sub TOTAL			1741,16	
IVA 12%			208,94	
<b>TOTAL</b>			<b>1950,10</b>	

Tabla 12. Costo Proyecto

## CAPÍTULO IV

### 4.1 Conclusiones

- Fue factible la construcción de un sistema de adquisición, registro, procesamiento estadístico de datos, y sistema de telecomunicaciones de monitoreo remoto, para el proyecto de investigación “Secador Solar Multiuso bajo condiciones físicas y meteorológicas de la ciudad de Riobamba” de la Universidad Nacional de Chimborazo.
- Se determinó de las pruebas del sistema de adquisición y registro de señales provenientes de los sensores del secador solar multiuso, que están calibrados y dentro de sus rangos de precisión de fabricación, y la autonomía del sistema en la recolección de datos en tiempos de muestreo sugeridos por el proyecto de la UNACH, por lo que el sistema es totalmente fiable.
- Del análisis de perfiles topográficos de las 11 parroquias del cantón Riobamba hasta la UNACH, todas fueron factibles desde el punto de vista electromagnético, al estar libre de obstáculos al menos 2 veces la primera zona de Fresnel, fluctuando las distancias del enlace entre 8Km y 21Km aproximadamente, por lo que se determinó que es necesario la adquisición de una antena de 1,2 metros, debido a que la antena de 80cm que está por donarse a la UNACH, no satisface los niveles de ganancia de potencia necesarios para el sistema.
- La red de comunicaciones del proyecto es independiente de otra red de comunicaciones comercial o institucional, por lo que está libre de congestiones, saturación y ataques, permitiendo un canal dedicado y disponible el 100% del tiempo a la investigación.
- Se determinó que el programa de Análisis estadístico de datos implementado para el proyecto, en comparación con el Software Microsoft Excel, reduce tiempos al usuario, debido a su interfaz visual fácil de configurar y porque realiza el cálculo de todos los sensores al mismo tiempo, presentando los resultados en gráficas y tablas adecuadas para la investigación.
- Las dos interfaces de usuario tanto del programa de adquisición y registro de datos, como el de Procesamiento estadístico de datos, proporcionan al investigador un ambiente agradable, fácil de utilizar y configurar, en virtud de que está diseñado en

función de las necesidades y características propias del secador solar multiuso de la UNACH.

- La interfaz y protocolo Ethernet integrada en el Compact Field Point, en el equipo de microondas y en el computador de monitoreo, permite relativamente, una fácil configuración en los equipos, y conectividad al sistema totalmente confiable como lo demuestran las pruebas de comunicación de datos.
- El costo de implementación del sistema es relativamente bajo, debido a que solo se adquirió los sensores; todos los demás equipos como el Compact Field Point y computador son propiedad de la UNACH, más se ha aprovechado de las alianzas y convenios estratégicos de la carrera de Electrónica y Telecomunicaciones de la UNACH para gestionar la donación del Enlace de Microondas.



## 4.2 Trabajos Futuros

- Implementar un servidor web para publicar los datos a través del Internet de tal forma que más investigadores se puedan sumar en el análisis y modelamiento del “Secador solar multiuso bajo condiciones físicas y meteorológicas de la ciudad de Riobamba”
- Analizar la conectividad del sistema remoto, a través de la red móvil LTE, en sectores de siembra alrededor de parroquias rurales del cantón Riobamba.
- Implementar dispositivos activos, como ventilador y resistencias eléctricas para inducir temperatura al interior del Secador Solar Multiuso, e investigar modificación en diseño estructural del módulo.
- Implementar paneles solares al Sistema del Secador Solar Multiuso, como parte de la investigación del Proyecto de Energías Alternativas de la Facultad de ingeniería de la UNACH, es decir de los paneles existentes en la UNACH, destinar un grupo al proyecto en mención.

## CONTENIDO BIBLIOGRÁFICO:

### Bibliografía

- [1] OMS, «Portal de Información - Medicamentos Esenciales y Productos de Salud,» 05 08 2003. [En línea]. Available:  
<http://apps.who.int/medicinedocs/es/d/Js5527s/6.1.3.html#Js5527s.6.1.3>. [Último acceso: 28 11 2013].
- [2] «Plantas saludables preparadas con secado solar,» 22 08 2011. [En línea]. Available:  
<http://www.terra.org/categorias/articulos/plantas-saludables-preparadas-con-secado-solar>. [Último acceso: 28 11 2013].
- [3] H. Arquímedes, «Investigación secador solar multiuso de la Universidad Nacional de Chimborazo,» de *Seminario internacional de energía y ambiente*, Riobamba - Ecuador, 2013.
- [4] «EVERYCHINA,» ESODRIVE, 2011. [En línea]. Available:  
[http://www.everychina.com/company/esodrive\\_building\\_automation\\_co\\_ltd-tzbb59fa.html](http://www.everychina.com/company/esodrive_building_automation_co_ltd-tzbb59fa.html). [Último acceso: 28 11 2013].
- [5] N. INSTRUMENTS, «ni.com,» 2004. [En línea]. Available:  
[http://www.ni.com/pdf/products/us/cpf\\_fp\\_ai.pdf](http://www.ni.com/pdf/products/us/cpf_fp_ai.pdf). [Último acceso: 29 11 2013].
- [6] i. national, «ni.com,» 2007. [En línea]. Available:  
<http://www.ni.com/pdf/products/us/042205cfp-2120.pdf>. [Último acceso: 29 11 2013].
- [7] I. NATIONAL, «ni.com,» 2003. [En línea]. Available:  
<http://www.ni.com/pdf/manuals/320999e.pdf>. [Último acceso: 30 11 2013].
- [8] I. NATIONAL, «ni.com,» 1 9 1994. [En línea]. Available:  
<http://download.ni.com/support/manuals/320753a.pdf>. [Último acceso: 30 11 2013].


- [9] I. Montero, «Universidad de Extremadura - Servicio de Publicaciones,» 11 2005. [En línea]. Available: <http://dialnet.unirioja.es/descarga/tesis/576.pdf>. [Último acceso: 01 12 2013].
- [10] G. Jiménez, «Univrsidad de Veracruzana,» 20 11 2012. [En línea]. Available: <http://cdigital.uv.mx/bitstream/123456789/31562/1/ferranjimenezgerardo%20.pdf>. [Último acceso: 04 12 2013].
- [11] C. Luna y C. Cruz, «Repositorio UTE,» 4 2003. [En línea]. Available: [http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/10970/1/20546\\_1.pdf](http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/10970/1/20546_1.pdf). [Último acceso: 05 12 2013].
- [12] W. Bolton, Mecatrónica, México: Alfaomega, 4ta edc., 2008.
- [13] C. Chicala, Adquisición de Datos, Buenos Aires: Soluciones en Control S.R.L., 2004.
- [14] I. National, «ni.com,» 1 4 2004. [En línea]. Available: <http://www.ni.com/pdf/manuals/370708b.pdf>. [Último acceso: 15 12 2013].
- [15] I. National, «ni.com,» National Instruments, 2008. [En línea]. Available: [http://www.ni.com/pdf/products/us/cat\\_cFP\\_digital\\_output.pdf](http://www.ni.com/pdf/products/us/cat_cFP_digital_output.pdf). [Último acceso: 20 12 2013].
- [16] I. National, «ni.com,» 2003. [En línea]. Available: [http://www.ni.com/pdf/products/us/cpf\\_fp\\_ai.pdf](http://www.ni.com/pdf/products/us/cpf_fp_ai.pdf). [Último acceso: 18 12 2013].
- [17] I. National, «ni.com,» 2003. [En línea]. Available: [http://www.ni.com/pdf/products/us/cfp\\_rly%20datasheet.pdf](http://www.ni.com/pdf/products/us/cfp_rly%20datasheet.pdf). [Último acceso: 20 12 2014].
- [18] I. National, «ni.com,» 2008. [En línea]. Available: <http://www.ni.com/pdf/products/us/4dio524.pdf>. [Último acceso: 20 12 2013].

- [19] G. Chafla, «Tecnología de Internet y TCP/IP,» de *Maestría de Redes de Comunicaciones*, Quito, 2012.
- [20] G. Chafla, «Capa de Interfase de Red,» de *Maestría en Redes de Comunicación*, Quito, 2012.
- [21] W. Satalling, *Comunicaciones y Redes de Computadoras*, Pearson Education, 2000.
- [22] W. Tomasi, *Sistemas de Comunicaicones Electrónica*, México: Pearson, 2003.
- [23] N. W. G. Y. Shafranovich, «[www.shaftek.org](http://www.shaftek.org),» 10 2005. [En línea]. Available: <http://tools.ietf.org/html/rfc4180>. [Último acceso: 01 2014].
- [24] S. Microelectrónica, «AL Sistema de Radio PDH - Manual de Usuario,» MN.00142.S - 008.
- [25] F. T. system, «THP High Performance - Low Profile Antennas,» KATHERIN - Group.
- [26] D. g. d. g. d. e. radioeléctrico, «Plan Nacional de Frecuencias - Ecuador 2012,» CONATEL / SENATEL, Quito, 2012.

## ANEXOS

### Anexo 1.

#### Sensor de temperatura

**National Semiconductor**

November 2000

## LM35

### Precision Centigrade Temperature Sensors

#### General Description

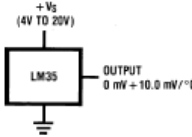
The LM35 series are precision integrated-circuit temperature sensors, whose output voltage is linearly proportional to the Celsius (Centigrade) temperature. The LM35 thus has an advantage over linear temperature sensors calibrated in  $^{\circ}$  Kelvin, as the user is not required to subtract a large constant voltage from its output to obtain convenient Centigrade scaling. The LM35 does not require any external calibration or trimming to provide typical accuracies of  $\pm 1/4^{\circ}\text{C}$  at room temperature and  $\pm 3/4^{\circ}\text{C}$  over a full  $-55$  to  $+150^{\circ}\text{C}$  temperature range. Low cost is assured by trimming and calibration at the wafer level. The LM35's low output impedance, linear output, and precise inherent calibration make interfacing to readout or control circuitry especially easy. It can be used with single power supplies, or with plus and minus supplies. As it draws only  $60\text{ }\mu\text{A}$  from its supply, it has very low self-heating, less than  $0.1^{\circ}\text{C}$  in still air. The LM35 is rated to operate over a  $-55^{\circ}$  to  $+150^{\circ}\text{C}$  temperature range, while the LM35C is rated for a  $-40^{\circ}$  to  $+110^{\circ}\text{C}$  range ( $-10^{\circ}$  with improved accuracy). The LM35 series is available pack-

aged in hermetic TO-46 transistor packages, while the LM35C, LM35CA, and LM35D are also available in the plastic TO-92 transistor package. The LM35D is also available in an 8-lead surface mount small outline package and a plastic TO-220 package.

#### Features

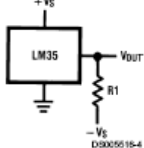
- Calibrated directly in  $^{\circ}$  Celsius (Centigrade)
- Linear  $+10.0\text{ mV}/^{\circ}\text{C}$  scale factor
- $0.5^{\circ}\text{C}$  accuracy guaranteeable (at  $+25^{\circ}\text{C}$ )
- Rated for full  $-55^{\circ}$  to  $+150^{\circ}\text{C}$  range
- Suitable for remote applications
- Low cost due to wafer-level trimming
- Operates from 4 to 30 volts
- Less than  $60\text{ }\mu\text{A}$  current drain
- Low self-heating,  $0.08^{\circ}\text{C}$  in still air
- Nonlinearity only  $\pm 1/4^{\circ}\text{C}$  typical
- Low impedance output,  $0.1\text{ }\Omega$  for  $1\text{ mA}$  load

#### Typical Applications



DS005516-3

**FIGURE 1. Basic Centigrade Temperature Sensor**  
( $+2^{\circ}\text{C}$  to  $+150^{\circ}\text{C}$ )



Choose  $R_1 = -V_S/50\text{ }\mu\text{A}$   
 $V_{OUT} = +1,500\text{ mV}$  at  $+150^{\circ}\text{C}$   
=  $+250\text{ mV}$  at  $+25^{\circ}\text{C}$   
=  $-550\text{ mV}$  at  $-55^{\circ}\text{C}$

**FIGURE 2. Full-Range Centigrade Temperature Sensor**

© 2000 National Semiconductor Corporation DS005516

www.national.com

### ASP-U-D Air Velocity Transmitters

#### Features

- ✧ Duct velocity measurement
- ✧ Simple and secure installation
- ✧ 0-10V or 4-20mA output
- ✧ Compact and fashionable design
- ✧ No drift and high accuracy



#### Applications

- ✧ HVAC
- ✧ Medical and environment equipment
- ✧ Industrial environment

#### Measuring Theory

ASP-U-D air velocity transmitter is a ideal option for accurate ventilation control. The innovation of the working theory is using the pitot tube(The pitot tube is for testing the pressure).Because of the simple stucture, the convenient use, and the perfect theoretical study, this methord is widely used. Pitot tube test according the pressure which caused by liquit flow. The standard pitot tube is composed by inner tube, outer tube and the HIP catheter. It can detect the higher pressure, medium pressure and the low pressure which insure the accuracy and the average the the test. On the top of pitot tube, there is a small hole which is vertically with the direction of the fluid flow. The hole on the top and the side is connect with the two pips of each others. The air pressure which enter into the top the the pitot tube is called overall pressure. Except the HIP pressure of the flow, it also contains the pressure translated by the kinetic energy which caused by the fluid stagnation. The pressure enter the hole of the side is only the HIP pressur. According the overall pressure and the HIP pressure we can caculate the dymatic pressure. Then caculate the velocity.

**Technical data**

Messurement Indication		
Detection Range	2-10m/s 2-20m/s 2-30m/s	
Output	0-10V	
	4-20mA	
Accuracy	2-10m/s	±(0.2m/s+3%measured value)
Under 20℃,45%r.h.	2-20m/s	±(0.3m/s+3%measured valve)
	2-30m/s	±(0.3m/s+4%measured valve)
Overall Indication		
Power supply	SELV 24VAC/DC±10%	
Current loss	Max: 120mA	
Connection with the wind direction azimuth	If $ \Delta\alpha  < 10$ , less than 3% of the messurd value	
Electrical connection	BSPT Max 1.5mm <sup>2</sup>	
Electromagnetic Compatibility	EN50081-1	EN50082-1
	EN50082-2	
CE		
Housing Materials	Polycarbonate IP54	
Temperature Range	Woring Temperature:-10~+50℃	
	Storage Temperature:-30~+60℃	
Applicable medium	Air and Non-flammable gas	
Weight	230 g	
Stability	Full Range×±1%/year	
Pressure Limit	Max: 1 psi Burst Pressure: 10 psi	
Power Consumption	Max: 2VA	
Electric Access	1/2" NPS connector	
Electrical connection	BSPT Max: 1.5mm <sup>2</sup>	
Installation Direction	Vetically to the velocity direction	
Temperature Range	Working Temperature:-10~+50℃	
	Storage Temperature:-30~+60℃	

**linearity Signal output:**

The signal according to dymatic pressure which translate to the 0-10V or 4-20mA output. ASP-U-D series sensor also provide the temperature compensation function. The temperature is test by the temprature sensor which attached on the chip. Measured data will be transfered to the compensation circuit on the chip to compensate temperature. No need outside temperature compensation. Below is the curve of temperature compensation:

## Sensores Temperatura y Humedad Relativa

CH-BA

Duct Humidity transmitter

### RH-5I-D-T Duct Humidity transmitter

#### Features

- Humidity measurement for air ducts
- Simple and secure installation
- 0...10V or 4...20mA measuring signals
- Compact size and modern design

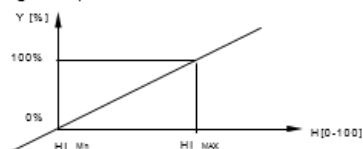
#### Applications

- On return air ducts to measure return air humidity
- On supply air ducts to measure supply air humidity
- On fresh air ducts to measure outdoor air humidity.

#### Humidity Transmitter

The transmitter measures the humidity by the honeywell humidity sensor HIH-3610. The transmitter analog output may be 0-10V or 4-20mA. And the transmitter include a noise filter. the power supply is large range VDC18V----VDC30V. The humidity transmitter measurement range is 5%-95%.

linearity Signal output:



#### Ordering

Ordering number: RH-5I-D or RH-5I-D-T

- 5 indicates the humidity transmitter accuracy is 5%; -3 indicates 3%, -2 indicates 2%.
- I indicates the humidity transmitter signal out is 4-20mA. If -U indicates the signal is 0-10V.
- T indicates the humidity transmitter integration with temperature signal out.

For example: RH-5I-D-T

The duct humidity transmitter signal out is 4-20mA and the temperature signal out is 4-20mA.

#### Installation

Duct probes should be installed directly on the duct, in an area where the air stream is well mixed:

- Locate a supply air sensor two or three meters down stream from the nearest fan and coil.
- Mount the return air sensor close to the air inlet but downstream from a return fan if one is present.
- To install the sensor, assemble base plate and probe, then drill a 12 mm hole and two 3 mm holes on a diameter of 25 mm in the duct.
- Use two self-tapping sheet metal screws to tighten the mounting circuit in the cover.
- Connect the wires according to the wiring diagram to the measuring circuit in the cover:
  - o Only the humidity transmitter signal out need three terminal connections, DC24V, Ground and humidity signal out.
  - o If humidity and temperature transmitter signal out need for terminal connections, DC24V, Ground, humidity signal out and temperature signal out.
  - o The connection signal cable should be shield wires.
- Assemble the cover with the mounting plate.
- Insert the assembled probe through the center opening of the mounting plate into the air stream.
- Tighten the horizontal screw on the mounting plate to fix the probe to the duct.



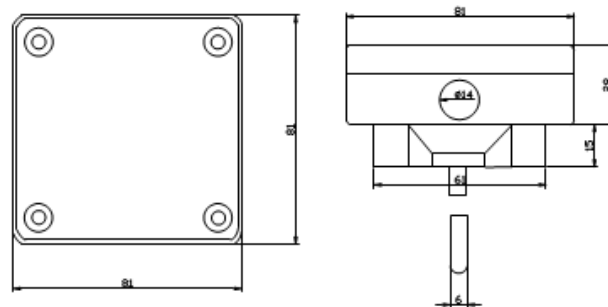
## Technical Specification

Power supply	Option voltage	VDC18V---VDC30V
	Power Consumption	Max 2 VA
Signal out	signal	4-20mA
	accuracy	5%
	Humidity range	0%-100%
Sensing element	Capacitive Element:	
	Range Accuracy	5%---95% ±0.3k
Connection	Connection Terminals	2.5 mm <sup>2</sup>
Environment	Operation	To IEC 721-3-3 class 3 K5 -40...70°C <95% r.h.
	Transport & Storage	To IEC 721-3-2 and IEC 721-3-1 class 3 K3 and class 1 K3 -40...80°C <95% r.h. class 2M2
Standards	conform according to EMC Standard 89/336/EEC EMEI Standard 73/23/EEC	EN 61 000-6-1/ EN 61 000-6-3
	Automatic electrical controls for household and similar use	EN 60 730 -1
	Special requirement on temperature dependent controls	EN 60 730 - 2 - 9
	Pollution Class	Normal acc. To EN 60 730,RoHS compliant
	Degree of Protection	IP56 to EN 60 529
Housing Materials	Cover & Mounting Plate	Fire proof ABS plastic
	Dimensions [mm]	Cover: 42 x 112 x 88 (H x W x D) probe: ø 10 x 200 (Diameter x L)
General	Weight (including package)	135g

## Wire diagram

	<p>Terminal connections:</p> <p>1---VDC24 power supply  </p> <p>2---ground</p> <p>3---Humidity signal out 4-20mA</p> <p>4---Temperature signal out 4-20mA</p> <p>Note: if RH-5I-D, the 4 terminal connections no signal out. If RH-5I-D-T, the 4 terminal connections with signal out 4-20mA</p>
RH-5I-D or RH-5I-D-T	

## dimension [mm]



## H 湿度变送器 / HT 温湿度变送器

**ESODRIVE**

### ■技术范围

电源供电	工作电压(U 型)	DC 18V-DC 30V 或 AC 24V
	工作电压(I 型)	DC 18V-DC 30V
	功耗	最大 2 VA
信号输出	-U 型	0-10VDC
	-I 型	4-20mA
	精度(U 型)	温度 0.4%; 湿度 5%/湿度 3%/湿度 2%;
	精度(I 型)	温度 0.5%; 湿度 5%/湿度 3%/湿度 2%;
	湿度测量范围	0 - 100%
	温度测量范围	T1 : 0 - 50°C
	温度测量范围	T2 : 0 - 100°C
连接	端子连接方式	2.5 mm <sup>2</sup>
环境	操作	To IEC 721-3-3
	气候条件	class 3 K5
	温度	-40...70°C
	湿度	<95% r.h.
	运输 & 储藏	To IEC 721-3-2 and IEC 721-3-1
	气候条件	class 3 K3 and class 1 K3
	温度	-40...80°C
	湿度	<95% r.h.
	机械条件	class 2M2
	标准根据	
标准	EMC 标准 89/336/EEC	EN 61 000-6-1/ EN 61 000-6-3
	EMEI 标准 73/23/EEC	
	污染等级	Normal acc. To EN 60 730, RoHS compliant
	保护等级	IP56 to EN 60 529
壳体材料	上盖和安装底座	耐火 ABS 塑料

### ■技术范围

H-U-Rp H-U-D	ADC 24V	1	⊖
	GND	2	⊕
	H	3	⊕
接线端子: P 1.电源供电DC 24V 或者AC 24Vp 2.电源地或者信号地P 3.湿度输出信号0-10V			
H-I-Rp H-I-D	ADC 24V	1	⊖
	GND	2	⊕
	H	3	⊕
接线端子: P 1.电源供电DC 24V 或者AC 24Vp 2.电源地或者信号地P 3.湿度输出信号2-20mA			

v1.0

www.esodrive.com

page.3/4

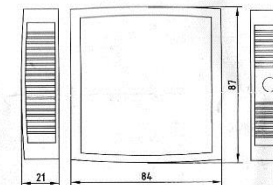
## H 湿度变送器 / HT 温湿度变送器

**ESODRIVE**

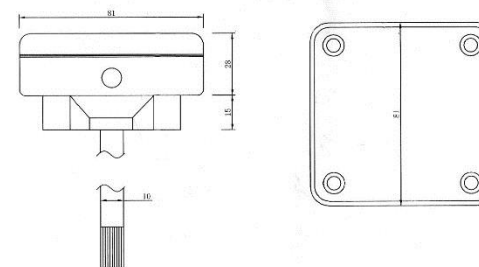
HT-U-Rp HT-U-D	ADC 24V	1	⊖
	GND	2	⊕
	T	3	⊕
	H	4	⊕
接线端子: P 1.电源供电DC 24V或 AC24Vp 2.电源地或者信号地P 3.温度输出信号0-10Vp 4.湿度输出信号0-10Vp			

HT-I-Rp HT-I-D	ADC 24V	1	⊖
	GND	2	⊕
	T	3	⊕
	H	4	⊕
接线端子: P 1.电源供电DC 24V或 AC24Vp 2.电源地或者信号地P 3.温度输出信号4-20mA 4.湿度输出信号4-20mA			

### ■室内型尺寸[mm]



### ■风管型尺寸[mm]



v1.0

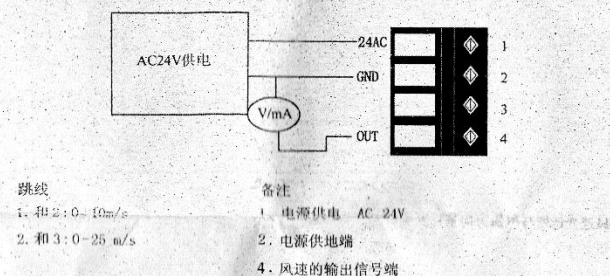
www.esodrive.com

page.4/4

## 型号和信息

型号	产品描述
ASP-U-D	风速变送器;AC24 V; 0-10V 0-10m/s精度 0.3%, 0-25m/s 精度 0.16%
ASP-I-D	风速变送器;ADC2 4V; 4-20mA 0-10m/s精度 0.3%, 0-25m/s 精度 0.16%

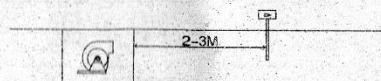
电气连接图：



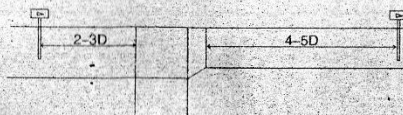
### 安装方法和注意事项

安裝位置

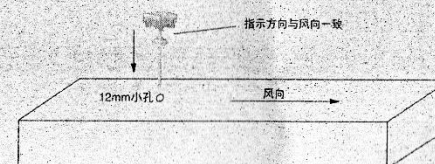
- 风速变送器可以直接安装在风道上，安装位置选择在气流比较均匀区域。
- 安装位置距离送风机或大的气流干扰源处 2-3 米处。



- 在风道变径或弯头处前面安装时, 预留 $2\sim 3D$ 的位置 ( $D$ 为风管的等效直径)。
- 在风道变径或弯头处后面安装时, 预留 $4\sim 5D$ 的位置 ( $D$ 为风管的等效直径)。



安装方法:

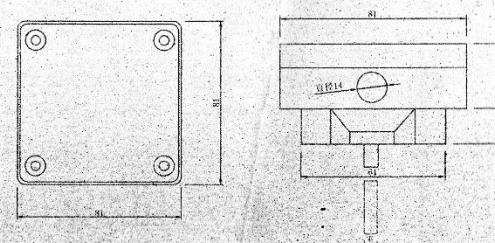


- 根据接线图连接信号线缆
- 连接信号电缆需选择屏蔽线缆。信号线电缆铜芯直径) 0.5 mm<sup>2</sup>。接完信号线后, 将上壳和底座固定好。
- 在风道上开一个 12mm 的孔, 然后把风速变送器安装底座固定到风道上面。
- 将固定底座的螺丝拧紧, 这样就把探针牢固固定在风道上了。
- 风速变送器与气流方向垂直安装。
- 风速变送器, 一般竖直安装在管道顶部

### 注意事项

务必保证安装位置与气流方向垂直, 否则影响测量精度

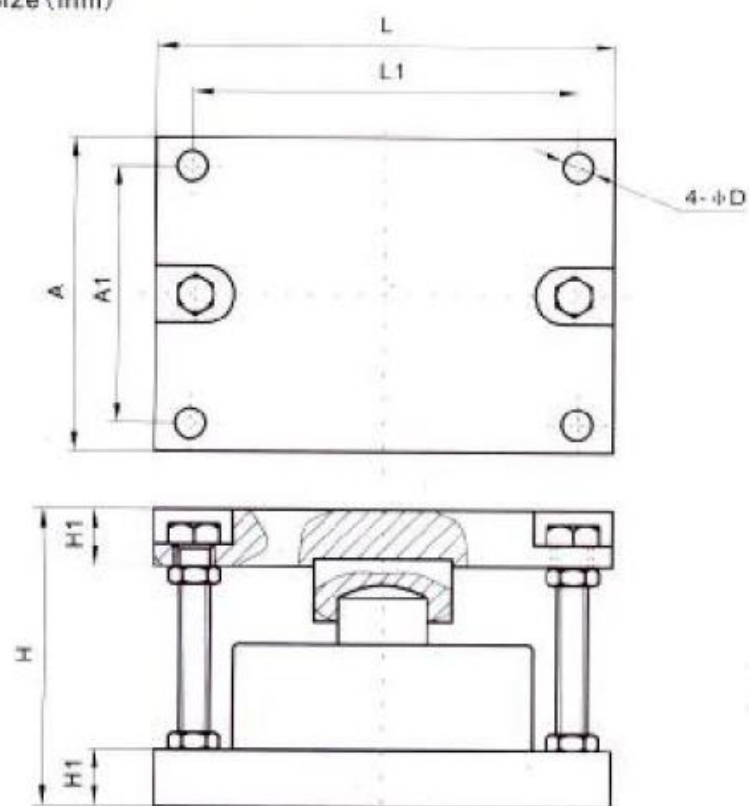
### 外型尺寸



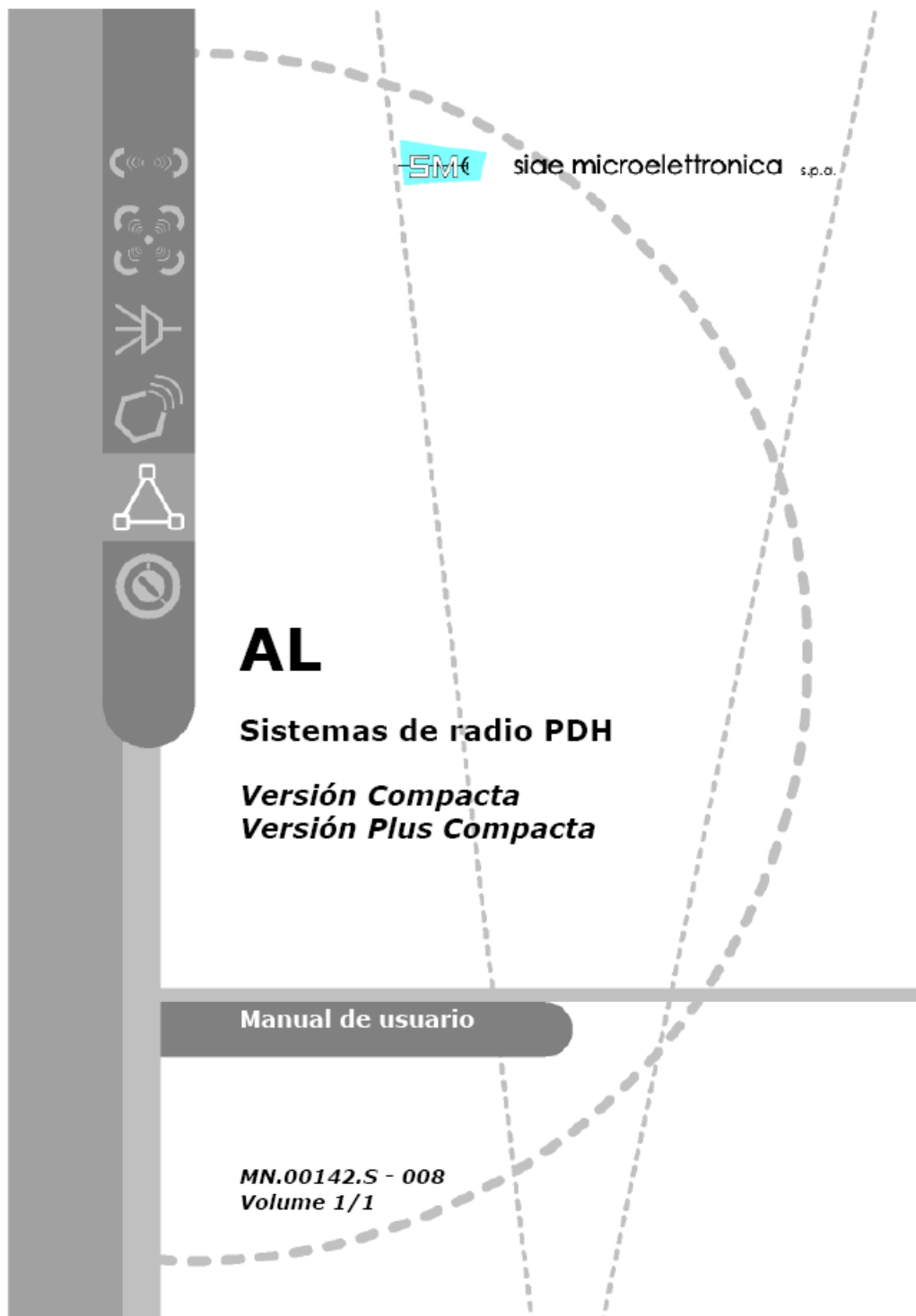
Add: Sophienstr. 57, Karlsruhe, Germany  
<http://www.esdrive.com>

## Célula de Carga

外型图 Appearance Picture  
尺寸 Size (mm)



量程 Kib	尺寸/mm	L	L1	A	A1	H	H1	φD
	t							
2~14	1~7	160	135	115	90	110	20	11
20~50	10~25	200	160	160	125	160	25	13
60~100	30~50	240	200	180	135	200	30	17
120~200	60~100	300	260	240	200	240	35	17



- Capacidad de transmisión ver [Tab.2](#)

**Tab.2 - Capacidad de la señal**

Capacidad (Mbit/s)	Configuración	Dimensiones mecánicas
ALC	2/4/8E1 (max 16 Mbit/s)	1+0/1+1
ALC	2/4/8/16E1 (max 32 Mbit/s)	1+0/1+1
ALC	2/4/8/16E1 + 3x10/100BaseT (max 32Mbit/s)	1+0/1+1
ALC	2/4/8/16E1 +3x10/100BaseT (max 64 Mbit/s)	1+0/1+1
ALC Plus	2/4/5/8/10/16E1 (max 32 Mbit/s)	1+0/1+1
ALC Plus	2/4/5/8/10/16/20/32E1 (max 64 Mbit/s)	1+0/1+1
ALC Plus	2/4/5/8/10/16/20/32E1 + 3/10/100BaseT (max 64 Mbit/s)	1+0/1+1
ALC Plus	2/4/5/8/10/16/20/32E1 + 3x10/100BaseT (max 105 Mbit/s)	1+0/1+1

- Capacidad canal de servicio
  - interfaz 64 kbit/s V.11 co/contradireccional o bien V28 (1x9600 o bien 2/4800 baud)
  - RS232 PPP para la supervisión
  - modulo externo EOW (optativo) conectado a las puertas V11 y RS232
- Configuración de antena
  - hot stand-by y 1 antena 1+0 o 1+1, diversidad de frecuencia en 1 antena cross polar o dos antenas separadas 1+1
- Exactitud de frecuencia
  - ± 5 ppm; ± 10 ppm incluido ageing
- Emisiones espurias RF
  - de acuerdo con ETSI EN 301 390
- Modulación
  - 4QAM/16QAM/32QAM (solo ALC Plus)
  - remitirse a la [Tab.3](#)

**Tab.3 - Modulación usada de acuerdo con la tasa de bit y el espacio de canal RF**

Modulación	Capacidad					
	4 Mbit/s	8 Mbit/s	16 Mbit/s	32 Mbit/s	64 Mbit/s	105 Mbit/s
4QAM	3.5 MHz	7 MHz	14 MHz	28 MHz	-	-
16QAM	-	3.5 MHz	7 MHz	14 MHz	28 MHz	-
32QAM (ALC Plus)	-	-	-	-	-	28 MHz

- Demodulación
  - coherente
- Potencia salida lado antena, versión 1+ 0
  - remitirse a la [Tab.4](#)
- Umbral receptor en lado antena, versión 1+0
  - remitirse a la [Tab.5](#) y a la [Tab.6](#)
- Pérdidas adicionales tanto en lados Tx Como Rx, versión 1 1+1
  - 4 dB ± 0.5 dB
    - versión con híbrido balanceado
  - ≤ 1.7 dB (branch 1) / ≤ 7 dB (branch 2)
    - versión con híbrido desbalanceado

- BER residual  $1 \times 10^{-11}$
- Nivel de entrada máximo para BER  $10^{-3}$  -20 dBm

**Tab.4 - Potencia de salida nominal tolerancia  $\pm 1$  dB**

GHz	Potencia de salida 4QAM	Potencia de salida 16QAM	Potencia de salida 32QAM
7	+27/30 dBm	+22/26 dBm	+20/n.a. dBm
8	+27/30 dBm	+22/26 dBm	+20/n.a. dBm
11	+25/29 dBm	+20/25 dBm	-
13	+25/29 dBm	+20/25 dBm	+20/n.a. dBm
15	+25/28 dBm	+20/24 dBm	+20/n.a. dBm
18	+20/24 dBm	+15/20 dBm	+15/20 dBm
23	+20/23 dBm	+15/19 dBm	+15/19 dBm
25	+20/23 dBm	+15/19 dBm	+15/19 dBm
28	+19/22 dBm	+14/18 dBm	+14/18 dBm
32	+17/20 dBm	+13/16 dBm	+13/16 dBm
38	+17/20 dBm	+13/16 dBm	+13/16 dBm

**Tab.5 - Umbral recibido garantizado en configuración 1+0 (dBm)**

Frec.	4QAM				16QAM			
	2x2		4x2		2x2		4x2	
	$10^{-6}$	$10^{-3}$	$10^{-6}$	$10^{-3}$	$10^{-6}$	$10^{-3}$	$10^{-6}$	$10^{-3}$
7	-91	-93	-88	-90	-	-	-84	-86
8	-91	-93	-88	-90	-	-	-84	-85
11	-90,5	-92,5	-87,5	-89,5	-	-	-83,5	-85,5
13	-90,5	-92,5	-87,5	-89,5	-	-	-83,5	-85,5
15	-90,5	-92,5	-87,5	-89,5	-	-	-83,5	-85,5
18	-90	-92	-87	-89	-	-	-84	-86
23	-90	-92	-87	-89	-	-	-83	-85
25	-89,5	-91,5	-86,5	-88,5	-	-	-82,5	-84,5
28	-89	-91	-86	-88	-	-	-82	-84
38	-88	-90	-85	-88	-	-	-81	-83

**Tab.6 - Umbral recibido garantizado en configuración 1+0 (dBm)**

GHz	4QAM				16QAM								32QAM	
	8x2		16x2		8x2		16x2		32x2		100			
	10 <sup>-6</sup>	10 <sup>-3</sup>	10 <sup>-6</sup>	10 <sup>-3</sup>	10 <sup>-6</sup>	10 <sup>-3</sup>	10 <sup>-6</sup>	10 <sup>-3</sup>	10 <sup>-6</sup>	10 <sup>-3</sup>	10 <sup>-6</sup>	10 <sup>-3</sup>	10 <sup>-6</sup>	10 <sup>-3</sup>
7	-85	-87	-82	-84	-81	-83	-78	-80	-75	-77	-72	-74		
8	-85	-87	-82	-84	-81	-83	-78	-80	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.		
11	-84,5	-86,5	-81,5	-83,5	-80,5	-82,5	-77,5	-79,5	-74,5	-76,5	-71,5	-73,5		
13	-84,5	-86,5	-81,5	-83,5	-80,5	-82,5	-77,5	-79,5	-74,5	-76,5	-71,5	-73,5		
15	-84,5	-86,5	-81,5	-83,5	-80,5	-82,5	-77,5	-79,5	-74,5	-76,5	-71,5	-73,5		
18	-84	-86	-81	-83	-80	-82	-77	-79	-74	-76	-71	-73		
23	-84	-86	-81	-83	-80	-82	-77	-79	-73	-75	-70	-72		
25	-83,5	-85,5	-80,5	-82,5	-79,5	-81,5	-76,5	-78,5	-72,5	-74,5	-69,5	-71,5		
28	-83	-85	-80	-82	-79	-81	-76	-78	-72	-74	-69	-71		
32	-82	-84	-80	-81	-78	-80	-75	-77	-72	-74	-69	-71		
38	-82	-84	-80	-81	-78	-80	-75	-77	-71	-73	-68	-70		

- Voltaje alimentador -40,8 a -57,6 Vdc
- Consumo de potencia Terminal totalmente equipado con 370 m de cable 1/4" IDU-ODU (ver [Tab.7](#)).

**Tab.7 - Consumo de potencia**

Configuración	Consumo de potencia garantizada (IDU) f≤15 GHz -40,8 a -57,6 V <sub>dc</sub>	Consumo de potencia garantizada (IDU) f>15 GHz -40,8 a -57,6 V <sub>dc</sub>
1+0	≤ 32 W/34 W	≤ 25 W/34 W
1+1	≤ 52 W/62 W	≤ 40 W/62 W

- Consumo del conector de alimentación (ver [Tab.8](#))

**Tab.8 - Consumo del conector de alimentación**

Consumo de potencia garantizada f≤15 GHz - 40,8 V <sub>dc</sub>	Consumo de potencia garantizada f>15 GHz - 40,8 V <sub>dc</sub>
≤ 1 A	≤ 1 A

- Fusible 3,15 A (M), 5x20 mm, sobre el frontal
- Condiciones ambientales
  - Amplitud operativa para IDU -5° C a +45° C
  - Amplitud operativa para ODU -33° C a +55° C
  - Amplitud de temperatura para IDU útil -10° C a +55° C
  - Amplitud de temperatura para ODU útil -40° C a +60° C
  - Humedad operativa para IDU 95% a +35° C
  - Humedad operativa para ODU impermeable de acuerdo con la clase ambiental IP65
  - Disipación de calor de ODU resistencia térmica a 0,5° C/W ganancia de calor solar: no excede 5° C
  - Carga de viento ≤ 260 Km/h
- Características mecánicas
  - Dimensiones remitirse a la [Tab.9](#)



Tab.9 - Dimensiones de IDU/ODU

	Ancho (mm)	Alto (mm)	Profundidad (mm)
ODU AL/ODU AS 1+0	250/255	255/255	100/121
ODU AL/ODU AS 1+1	278/358	255/255	280/280
IDU 1+0/1+1	480	45	260

- Peso remitirse a la [Tab.10](#)

Tab.10 - Peso de IDU/ODU

ODU AL/ODU AS 1+0	4,5/5,5 Kg
ODU AL/ODU AS 1+1	13,3/15,5 Kg
IDU 1+0/1+1	3,5/3,7 Kg
Sistema panning 1+0/1+1	4,4 Kg

- Disposición mecánica remitirse a las figuras tipo [Fig.9](#), [Fig.10](#), [Fig.11](#), [Fig.12](#) y [Fig.13](#).



Fig.9 - IDU ALC 1+0 (2/4/8E1)

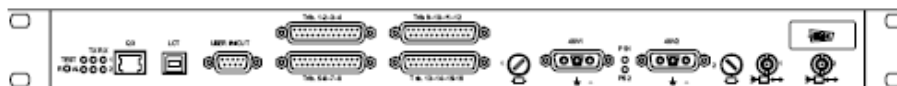


Fig.10 - IDU ALC 1+1 (2/4/8/16E1)

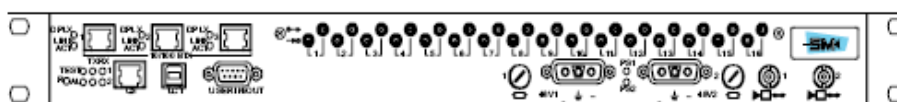


Fig.11 - IDU ALC 1+1 (Conect. coax. hasta 16E1) + Ethernet



Fig.12 - IDU ALC Plus 1+1 (2/4/5/8/10/16/20/32E1)

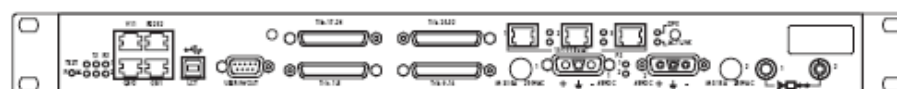


Fig.13 - IDU ALC Plus 1+1 (2/4/5/8/10/16/20/32E1 + Ethernet)

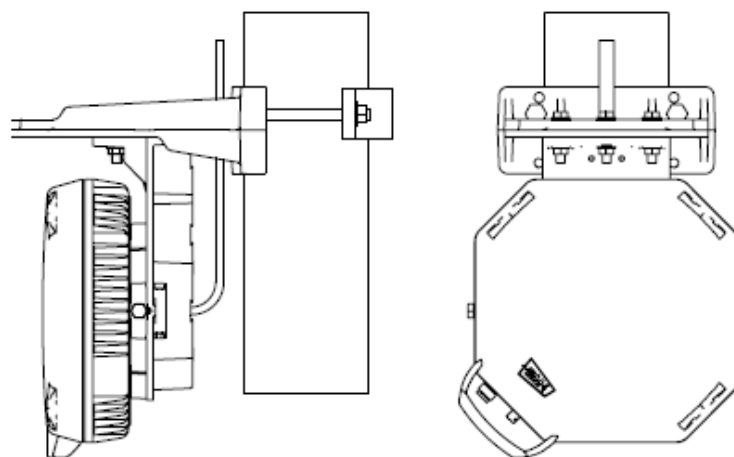


Fig.14 - ODU 1+0 con antena separada (montaje en palo)

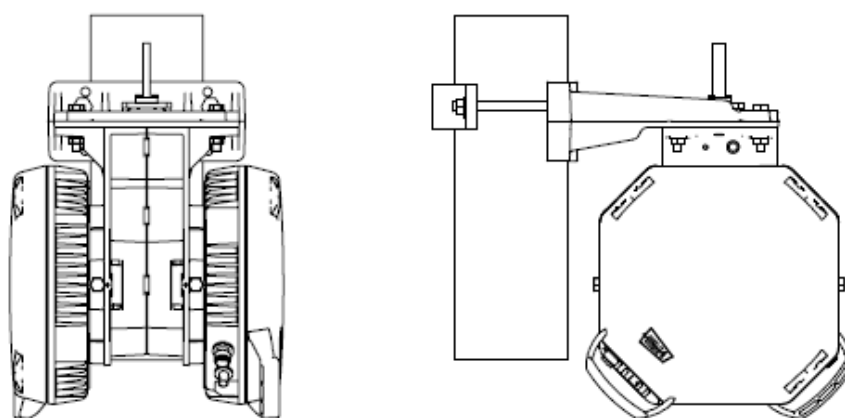


Fig.15 - ODU 1+1 con antena separada

Antenas

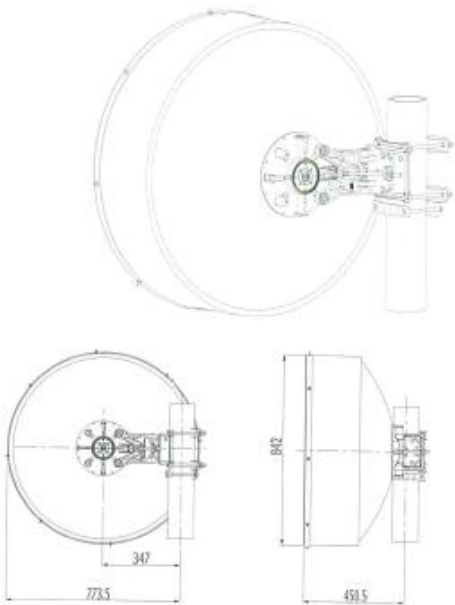
High Performance Low Profile Antenna  
**THP 08**

Diameter 0.8 m



Mechanical characteristics


Diameter	0.8 m	
Standard colour	RAL 7035	
Pole	75 ÷ 115 mm	
Elevation - fine regulation	± 20°	
Azimuth - fine regulation	± 10°	
Shroud	Low profile	
Radome	Rigid plastic	
Net weight including pole mount	16 kg	
Dimensions including pole mount	Height	838 mm
	Width	838 mm
	Depth	480 mm



Frequency GHz	Type	RPE	Polar.	Gain dBi min in the band			R.L. dB	VSWR	HPBW	Isolation dB	XPD dB	RPE ETSI 300 833	Flange IEC Type
				Low	Mid	Top							
7.125-8.5	THP 08-071SW6	RPE	Single	32.9	33.5	34.1	18.0	1.29	-	-	-	Class 3	PDR 84
	THP 08-071DW8		Dual	32.6	33.2	33.8	19.1	1.25	4.0	35	30		
10.0-11.7	THP 08-100SW6	RPE	Single	36.3	36.9	37.5	18.0	1.29	-	-	-	Class 3	PDR 100
	THP 08-100DW8		Dual	36.1	36.7	37.3	19.1	1.25	2.8	35	32		
12.7-13.25	THP 08-127S	RPE	Single	37.6	37.9	38.2	19.1	1.25	-	-	-	Class 3	PDR 120
	THP 08-127D		Dual	37.4	37.7	38.0	20.8	1.2	2.2	35	32		
14.4-15.35	THP 08-144S	RPE	Single	39.7	40.0	40.3	19.1	1.25	-	-	-	Class 3	PDR 140
	THP 08-144D		Dual	39.5	39.8	40.1	20.8	1.2	2.0	35	32		
17.3-19.7	THP 08-173SW8	RPE	Single	40.9	41.3	41.7	19.1	1.25	-	-	-	Class 3	PDR 220
17.7-19.7	THP 08-177D		Dual	40.7	41.1	41.5	20.8	1.2	1.6	35	32		
21.2-23.6	THP 08-212S	RPE	Single	42.7	43.0	43.3	19.1	1.25	-	-	-	Class 3	PDR 220
	THP 08-212D		Dual	42.4	42.7	43	20.8	1.2	1.4	35	30		
24.5-26.5	THP 08-245S	RPE	Single	43.3	43.6	43.9	19.1	1.25	-	-	-	Class 2	PDR 220
	THP 08-245D		Dual	43.0	43.3	43.6	20.8	1.2	1.2	35	30		
27.5-29.5	THP 08-275S	RPE	Single	44.4	44.7	45.0	18.0	1.29	-	-	-	Class 2	PDR 320
	THP 08-275D		Dual	44.1	44.4	44.7	19.1	1.25	1.0	35	30		
37.0-40.0	THP 08-370S	RPE	Single	46.8	47.0	47.2	19.1	1.25	0.8	-	30	Class 2H Class 3V	PDR 320

## Anexo 2

### Factura de Sensores



**MicroCom Solutions**  
Automatización Industrial  
Enlaces Inalámbricos,  
Conectividad Móvil  
Seguridad Lógica  
Comunicación por Cable  
Microcontroladores

**VILLACÍS PARRA SANTIAGO RICARDO**  
Direc: Cda. Presidencial \* Calle Chayan s/a y Zooposopangui \* Telf: 03-2401547  
Cel: 0999-899143 \* www.microcomsolutions.com \* Ambato \* Ecuador

RUC N° 1802476158001  
**FACTURA**  
001-001-

**N° 000755**  
**AUT. S.R.I. 1113778178**

CIUD.	DIA	MES	AÑO
AMB	04	11	2013


**Ciudad** Guano **Telf.** 2364314 **Ruc / CI** 0650001840001

**Ciudad** Guano **Telf.** 2364314 **Ruc / CI** 0650001840001

**IMBORAZO**  
**Financiero**

**Cliente Sr (es)** Universidad Nacional de Chimborazo  
**Dirección** Av. Antonio José de Sucre Km 11/2 Vía a Guano  
**Ciudad** Guano **Telf.** 2364314 **Ruc / CI** 0650001840001

**IMBORAZO**  
**Financiero**

CANT.	DESCRIPCION	V. UNIT.	V. TOTAL
3	HT-5I-D - Transmisor RH% + T; 4-20mA	159,28	477,84
2	SBWRNK-230 Sonda Temperatura tipo K; 4-20mA	241,92	483,84
2	ASP-I-D Transmisor Velocidad Aire; 4-20mA	257,49	514,98
2	TJH-1 + TBRJ-24-A1 Célula de Carga + Transmisor 4-20mA	371,95	743,90
1	14AB-602R + SU10324A Extractor de Aire + Control de velocidad	458,00	458,00
Garantía: Un año contra defectos de fábrica			
 <a href="http://www.microcomsolutions.com">www.microcomsolutions.com</a>			
<b>SON:</b> Dos mil novecientos noventa y nueve 99/100 dólares		<b>SUB TOTAL \$</b> 2678,56 <b>DESCUENTO</b> 0,00 <b>IVA 12 %</b> 321,43 <b>IVA 0%</b> <b>TOTAL \$</b> 2999,99	

**Entregue Conforme** **Recibir Conforme**

Impreso del 751 - 1250 / Cod. 14-10-05  
Fecha de Autorización: 28 / Octubre / 2013  
Válido hasta el 28 / Octubre / 2014

**L \$** 2.999,99

**INDICACIONES FISICAS**

**Ing. Sandra Vargas R**

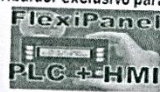
**CONTROL DE BIENES**

**MICRO CROM SOLUTIONS**  
**PROVEEDOR**

**ELABORADO POR:** ING. NUBIA OLMEDO

**RESPONSABLE - COMPRA**  
Lcd. René García

**Distribuidor exclusivo para Ecuador**



**Cda. Presidencial, Chalco Mayta s/n y Zooposopangui**  
**Telefax: (03) 2401547** **Movil: 099899143**  
**www.microcomsolutions.com**  
**Ambato - Ecuador**

## Certificado de Calibración Sensores



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
LABORATORIO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



Riobamba, 18 de febrero de 2014

### CERTIFICACIÓN

Por medio de la presente, el suscrito Ing. Fermín Gerardo Silva Cruz, Técnico del Laboratorio de Ingeniería Industrial, portador de la **Cedula de Identidad No. 060291087-9**. Tengo a bien certificar que como parte del Proyecto de Investigación **“Diseño de un secador solar multiuso bajo condiciones físicas y meteorológicas de la ciudad de Riobamba”**, se realizó en proceso de calibración de sensores del mismo, por análisis comparativo con equipos de medición de factores de riesgo pertenecientes al laboratorio que se encuentra a mi cargo.

Los resultados indican que la desviación de mediciones está dentro de la precisión de cada sensor.

Magnitud	Equipo de referencia	Sensor	Precisión	En rango
Temperatura	Testo 480	THR-370/CM	$\pm 0.4\%$	✓
	Testo 480	LM35	1 °C	✓
Humedad	Quest Tech° 34	THR-370/CM	$\pm 0.2\%$	✓
Peso	ADAM – PGW 253i	TJH-1	0.02%	✓
Anemómetro	Meterman TMA10	ASP-I-D	$\pm 0.4\%$	✓

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad, pudiendo el interesado hacer uso de la presente para los fines consiguientes.

Atentamente,

  
Ing. Fermín Silva C.  
TÉCNICO DE LABORATORIO  
INGENIERÍA INDUSTRIAL



Campus Edison Riera R., Bloque “D” Edificio de Ingeniería Industrial y Agroindustrial Km. 1 ½ Vía a Guano.  
Teléfono: 3730880 ext. 1429

RIOBAMBA – CHIMBORAZO - ECUADOR



## Certificado de Funcionamiento del sistema



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE INGENIERIA

DISEÑO DE UN SECADOR SOLAR MULTUSO BAJO CONDICIONES FÍSICAS Y  
METEOROLÓGICAS DE LA CIUDAD DE RIOBAMBA

ICTIS - UNACH

Riobamba, 12 de Mayo del 2014.

### **CERTIFICADO DE CUMPLIMIENTO**

*Yo, Dr. Arquimedes Haro, en calidad de Director del Proyecto: "DISEÑO DE UN SECADOR SOLAR BAJO CONDICIONES FÍSICAS Y METEOROLÓGICAS DE LA CIUDAD DE RIOBAMBA", tengo a bien en certificar que el Sistema de adquisición, registro y análisis estadístico de datos realizados por en Ing. Anibal LLanga en sus horas de investigación como docente de la facultad de Ingeniería de UNACH, se encuentra implementado, funcionando y acorde a las necesidades del proyecto.*

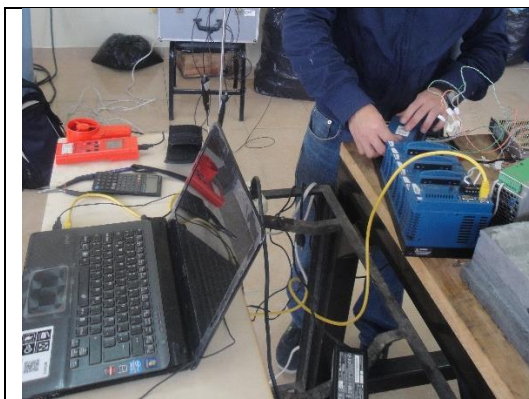
*Es todo cuanto puedo informar en honor a la verdad.*

*Atentamente,*

Dr. Arquimedes Haro V.  
**DIRECTOR DEL PROYECTO**

### Anexo 3

#### Fotografías de Pruebas de Funcionamiento del sistema



Pruebas conexión Compact Field Point, Módulos cFP y Sensores



Verificación de calibración y precisión de sensores.



Coconexión de Compact Field Point y Sensores en Secador Solar Multiuso.



Sensores instalados en secador solar multiuso

	
<p>Antena de Microondas Instalada en el Edificio de Ingeniería Industrial y Agro-Industrial - UNACH</p>	<p>Antena de Microondas Instalada en el Edificio de la Facultad de Ingeniería "Bloque B" - UNACH</p>
	
<p>Pruebas de Enlace de Microonda. Oficina Lab. Ingeniería Industrial – UNACH</p>	<p>Central de Monitoreo. Oficinas secador solar Multiuso.</p>
	
<p>Antena de Microonda y Secador Solar Multiuso. Edificio Facultad de Ingeniería "Bloque B" – UNACH.</p>	<p>Pruebas de Conectividad Red de Comunicaciones Secador Solar Multiuso. Captura de datos desde oficina Lab. Ingeniería Industrial – UNACH</p>



## **Anexo 4**

### **Datos archivo “Experimento 4 - PSS”**

Los datos se puede descargar de la siguiente dirección.

[http://www.4shared.com/file/6eGOcHYice/Experimento\\_4\\_-\\_PSS.html](http://www.4shared.com/file/6eGOcHYice/Experimento_4_-_PSS.html)

Diseño y construcción de un sistema de adquisición y registro de datos de telemetría para el proyecto de investigación secador solar multiuso de la Universidad Nacional de Chimborazo.

Aníbal Llanga Vargas, Riobamba – Ecuador, allangav80@gmail.com, 0998141889